Physiologische Vorträge

für

Freunde der Naturwissenschaften

niedergeschrieben

von

Dr. F. W. Beneke,

[illegible]

Zweiter Band.

[illegible]

Oldenburg.

Verlag [illegible]

[illegible]

Physiologische Vorträge.

Für

Freunde der Naturwissenschaften

niedergeschrieben

von

Dr. F. W. Beneke,
Medicinalrath und Leibarzt S. K. H. des Großherzogs von Oldenburg ꝛc. ꝛc. ꝛc.

Zweiter Band.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Oldenburg,
Verlag von Ferdinand Schmidt.
1856.

Neunter Vortrag.

Ueber die Gränzen und Unterschiede zwischen Pflanze und Thier und die verschiedenen Entwicklungsarten der einzelnen Thierformen.

Bevor wir in Ausführung unserer Aufgabe zur Untersuchung der Entwicklung, des Baues und der Lebenserscheinungen des Thieres und insonderheit des Menschen selbst übergehen, sei unsere Aufmerksamkeit einigen allgemeinern Fragen zugewandt, Fragen, welche eine genauere Berücksichtigung erfordern, als wir sie ihnen bis dahin zu Theil werden lassen konnten und welche sich uns eben beim Beginne der Betrachtung des Thierreichs unabweisbar aufdrängen. Es betreffen dieselben das allgemeine Verhältniß des letztern zum Pflanzenreich, das Verhältniß beider dieser Reiche zu dem der unorganisirten Körper, und insonderheit das Verhältniß des Menschen zur übrigen Schöpfung; es handelt sich ferner darum, die Gränze zwischen Pflanze und Thier zu bestimmen und die wesentlichen Unterschiede zwischen beiden in kurzen und allgemeinen Zügen hervorzuheben. Die Antwort auf diese Fragen werden wir zwar nicht geben können, ohne etwas weiter auszugreifen, ohne auch auf die Frage nach dem Zwecke der Schöpfung überhaupt einzugehen; ob wir uns damit aber auch für einen Augenblick von unserer Hauptaufgabe, der Darlegung physiologischer Thatsachen, entfernen und in das naturphilosophische Gebiet übergreifen, hier und dort wird ein solcher Uebergriff selbst zur Nothwendigkeit. Ueber das Streben nach Erkenntniß all' der einzelnen Erscheinungen, Stoffe, Kräfte und Formen, die uns die Natur darbietet, darf man das Streben nach einer Einsicht in den höhern Zusammenhang und Zweck derselben, nach Erkenntniß der Einheit in dem All nicht vernachlässigen; ein zusammenhangloses Wissen oder Darstellen vielfacher Einzelnheiten genügt den höhern Anforderungen des Geistes nicht. —

Welchen Zweck sollen wir aber als den vornehmsten der uns zunächst umgebenden Schöpfung, — denn nur diese kann Gegenstand unserer tiefern Forschung sein —, betrachten? — Nach Allem, was wir bisher über die Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers und seiner Bewohner erfahren haben, will es in der That scheinen, daß die sämmtlichen Ereignisse, welche denselben trafen, nur auf die Erschaffung des Menschen, als eines Wesens, welches zur Erkenntniß des Schöpfers selbst befähigt sein sollte, hinzielten. Mit der Erschaffung des Menschen hat der uns zunächst umgebende Theil der Schöpfung gegenwärtig seinen Gipfelpunkt erreicht; er allein ist das bevorzugte Wesen, welches vermöge seiner Sinnes- und Denkorgane das Geschehen in der Natur zu begreifen und aus ihm auf das Dasein eines allmächtigen Schöpfers zu schließen vermag.

Die Ausführung dieses Planes sehen wir mit der Herstellung unorganischer Verbindungen, mit der Bildung todter, unorganisirter Körper aus den ursprünglichen, einzelnen Elementarstoffen beginnen. Ein Moment trat sodann ein, wo sich nach unserer früheren Darstellung dieser Stoff zu neuen, sog. organischen Verbindungen zusammenfügte, wo er in unmittelbarer Folge auch in neuer Form erschien, und von jenem Zeitpunkt an standen sich fortan zwei große Reiche von Naturkörpern einander gegenüber; dort das der unorganisirten, hier das der organisirten. — Aber es mußte sich das letztere verschieden gestalten, wenn anders der zeitweilige Bestand und eine stete Neuschaffung der vergänglichen Lebensformen, wenn die Entstehung, Entwicklung und Existenz des Menschen ermöglicht werden sollte. Es mußten Organismen entstehen, welche den rohen, unorganisirten Stoff „aneinanderreihen, und vorbereitend mischen, was sich nach tausend Umwandlungen zur regsamen Nervenfaser veredlen" sollte, Lebensformen, welche den Stoff der untergegangenen Generationen von Neuem zusammenfügend, eine nothwendige Bedingung waren für die Realisation des Stoffkreislaufs, als des Mittels der Erhaltung und steten Wiedererstehung der organisirten Wesen; und wieder mußten Organismen vorhanden sein, welche die Kreisbahn des von der Pflanzenwelt zusammengefügten Stoffes auch nach der andern Seite hin fortführten, Lebensformen, welche jenen Stoff, wenn auch erst nach wieder tausend Metamorphosen, schließlich dennoch den Quellen zurückgaben, aus welchen er stammte,

welche möglicherweise sogar für die Erschaffung des Menschen selbst eine nothwendige Bedingung waren. Von Anbeginn an ging deshalb auch die Entwicklung der organisirten Körper nach zwei verschiedenen Richtungen hin auseinander; hier resultirte aus einer bestimmten Combination von Stoffen und Kräften die Pflanze, dort aus einer andern Combination derselben das Thier. — Sollte aber der Mensch existiren sollte sein Geschlecht selbst ein zahlreiches werden, sollte überall seinen verschiedenartigsten Bedürfnissen Genüge geschehen, so mußten auch Pflanzen und Thiere in reicher Anzahl und Mannigfaltigkeit vorhanden sein; jene, um überall auf die Beschaffenheit der Atmosphäre der Art einzuwirken, daß der Mensch darin zu existiren vermochte, um überall ferner eine hinreichende Menge und geeignete Art von Stoffen zu bereiten, die seine Existenz sicherten; diese, um überall den organischen, für höhere Zwecke nicht verwandten oder verwendbaren Stoff alsbald und in bestimmter Form in das Reich der unorganisirten Körper zurückzuführen und in dieser Weise leicht mögliche Störungen in dem ewigen Kreislauf des Stoffes zu verhüten, um andrerseits ebenfalls diesen oder jenen Bedürfnissen des Menschen zu entsprechen. — Es ist klar, daß uns nach dieser Anschauung der Kreislauf des Stoffes nur Mittel zur Erhaltung des Bestehenden und zur Realisation des höchsten Zweckes der gegenwärtigen Schöpfungsperiode ist; daß uns Pflanzen und Thiere aber als die Werkglieder in dem mächtigen Apparate erscheinen, der jenen Kreislauf zu verwirklichen bestimmt ist, und daß wir in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit nicht sowohl einen Zweck, als insonderheit ein nothwendiges Mittel zur Erreichung jenes höchsten Zweckes, d. h. der zeitweiligen Existenz des Menschen, erkennen.

Wir wollen damit nicht in Abrede stellen, daß auch die Mannigfaltigkeit der Pflanzen- und Thierformen, wie Alles in der Natur, in gewisser Beziehung als eine bezweckte betrachtet werden darf. Können wir in ihr doch schon als in einer Manifestation der Größe des Schöpfers einen Zweck nicht wohl verkennen, und scheint es doch, als ob die Oberfläche der Erde durch ein prachtvolles, in tausend Farben prangendes Kleid geschmückt werden, so wie durch ein buntbewegtes Leben den Charakter der Eintönigkeit, der ewigen Ruhe verlieren sollte! Allein eine genauere Prüfung des Eingriffs jener zahllosen Organismen in den

großen Haushalt der Natur, so wie eine sorgfältige Berücksichtigung ihrer Leistungen führt uns dennoch zu der obigen Vorstellung hin. — Ueberall und zu den verschiedensten Zwecken mußte sich ein reiches vegetabilisches Leben entfalten, aber nicht überall konnte dieser Anforderung durch dieselbe Form entsprochen werden. Anders mußte die Wasserpflanze gebaut sein, anders die Landpflanze; anders der insonderheit der Erhaltung einer gleichmäßigen Beschaffenheit der Atmosphäre, so wie der Holzbildung dienende Baum, anders die dem Menschen Nahrung bereitende Pflanze; verschieden die Form, die eine stickstoffreiche Frucht, verschieden die Form, die eine zuckerreiche Erndte liefern sollte. Ueberall und ebenfalls zu den verschiedensten Zwecken mußten andrerseits thierische Organismen existiren. Aber anders mußte die Raupe gestaltet sein, die die Blätter zernagen und damit einen Theil des von der Pflanze zusammengefügten Stoffes in andre Formen zurückführen sollte; anders das Thier, das im Erdboden den angehäuften organischen Stoff der Pflanzenwelt rasch in für den Kreislauf des Stoffes erforderliche Verbindungen zu zerlegen bestimmt war; anders wieder das Thier, das den dem Meere zugeführten organischen und unorganischen Stoff in neue Formen zusammenfügen, andern Thieren und endlich dem Menschen wieder zur Nahrung dienen, und so schließlich doch wieder dem Bestande des Ganzen nützen sollte. Nur erst durch die Gesammtheit der auf das Verschiedenartigste gestalteten und zu eben so verschiedenartigen Leistungen befähigten Pflanzen- und Thierformen wird der Bestand der gegenwärtigen Schöpfung möglich. — Und auch in den allgemeinen Verhältnissen der Organismen der Vorwelt findet diese Anschauung, insonderheit in Bezug auf die Thierwelt, eine Unterstützung. Erinnern wir uns daran, daß zu Anfang des Daseins organischer Lebensformen die Atmosphäre aller Wahrscheinlichkeit nach noch mit Kohlensäure überladen war, so mußte sich zunächst eine reiche Pflanzenwelt entwickeln, um diese Kohlensäure zu entfernen und damit erst den höhern Thieren ihre Existenz zu ermöglichen; wir finden demgemäß auch in der damaligen Zeit ein vorwiegend reiches vegetabilisches Leben und sehen den von jener üppigen Pflanzenwelt assimilirten, der Atmosphäre entzogenen Kohlenstoff in den mächtigen Steinkohlenlagern begraben. Aber die Atmosphäre durfte auch nicht verarmen an Kohlensäure, wenn

die gegenwärtige Schöpfung und vornämlich die Existenz des Menschen gesichert sein sollte; noch immer war ein reiches vegetabilisches Leben, wenn auch zum großen Theil zu andern Zwecken, als damals erforderlich; und um dieser Forderung zu genügen, mußte ein immer zahl- und artenreicheres Thierreich entstehen, damit überall und auf Tausenden von Wegen Sorge dafür getragen werde, daß der jetzt nicht mehr für den allgemeinen Naturhaushalt entbehrliche Kohlenstoff nicht abermals in großer Menge begraben, vielmehr, stets dem Kreislaufe des Stoffes erhalten, den gegenwärtigen Anforderungen der Schöpfung diene. Ganz dem entsprechend sehen wir denn auch die Zahl und Mannigfaltigkeit der Thierformen von Periode zu Periode zunehmen, während das Pflanzenreich, wenn auch an Mannigfaltigkeit der Arten zugenommen, an Massenreichthum doch sicherlich abgenommen hat. — Es steht hiermit nicht im Widerspruch, daß wir früher die Mannigfaltigkeit der gegenwärtigen Pflanzen- und Thierformen, als zum großen Theile durch die allmählige Veränderung der allgemeinen kosmischen Verhältnisse herbeigeführt, bezeichneten. Eine andere Frage ist die nach den Bedingungen und Ursachen, eine andre die nach dem Zweck jener Mannigfaltigkeit. Hier haben wir nur den letztern im Auge, und, wie immer er erreicht wurde, wir können nicht anstehen in ihm vorzugsweise eine Nothwendigkeit, ein nothwendiges Mittel zur Erreichung höherer Zwecke zu erkennen.

Doch wenden wir uns zu unserm Ausgang zurück. Ungezwungen erscheint uns jetzt nach dem dort Gesagten die Kluft zwischen unorganisirten und organisirten Körpern größer, als die zwischen Pflanze und Thier. Beide letztere verhalten sich in der That zu jenen, wie die Werkglieder einer Maschine zu dem Material, welches dieselbe verarbeiten soll. Gestaltet sich aber dennoch nicht die Aufgabe in beiden Reihen der organisirten Körper sehr verschieden? Hat nicht das Leben der Pflanze dennoch eine ganz verschiedene Bedeutung von dem des Thieres, und müssen uns, diesem Verhältniß entsprechend, Pflanze und Thier nicht a priori schon als sehr differente Lebensformen erscheinen?

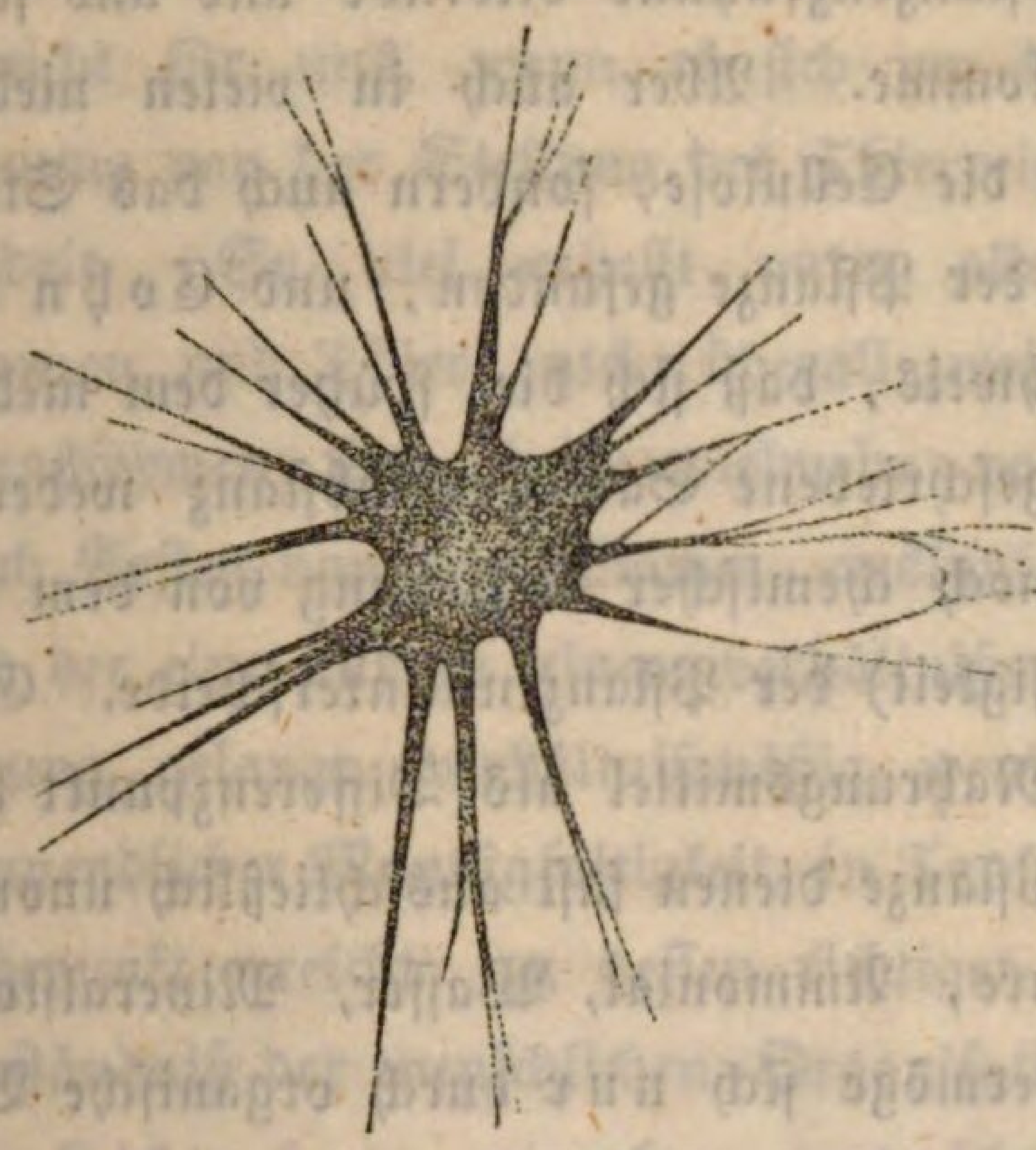
So lange man sich zur Entscheidung dieser Frage nur an die dem unbewaffneten Auge sichtbare Thier- und Pflanzenwelt hielt, stand man nicht an, sie unbedingt zu bejahen. Gar leicht unterscheidet man den

vollen Baum oder die blüthentragende Pflanze von dem Wirbelthier und auch der Mehrzahl der Wirbellosen. Allein je weiter wir in beiden Reichen nach unten hinabsteigen, je mehr wir uns der Betrachtung der niedersten Pflanzen- und Thierformen nähern, um so schwieriger bestimmbar werden die Differenzen, und bewaffnen wir gar unser Auge, so entdecken wir eine große Anzahl von Geschöpfen, von denen wir nur das mit Bestimmtheit wissen, daß sie organisirte Wesen sind, nicht aber ob sie den Namen eines Thieres oder den einer Pflanze verdienen. Und den Zweifel, welchen uns hier eine nur oberflächliche Beobachtung bereitet, hat bis dahin auch die eingehendste Untersuchung noch nicht geschlichtet. Auch sie hat die Gränze zwischen Pflanze und Thier noch nicht ermittelt. Ja es ist in neuerer Zeit mehr als fraglich geworden, ob es erlaubt ist von einem überall streng geschiedenen Pflanzen- und Thierreich zu sprechen. Hören wir nur in Kürze, wie es gegenwärtig um die Frage steht.

Man glaubte früher in der willkürlichen Bewegung oder auch nur der Contractilität des Thieres ein charakteristisches Merkmal für dasselbe zu finden. Lernten wir aber nicht bei der Betrachtung des Lebens der Pflanze Bewegungserscheinungen kennen, die gleich räthselhaft dastehen, wie gewisse Bewegungserscheinungen niederster Thiere? Unterscheiden sich die Bewegungen der sog. Schwärmsporen (s. Bd. I. S. 311) gewisser unzweifelhafter Algen in irgend Etwas von denen mancher Infusorien, wie z. B. mancher Anenteraten (darmlose Infusorien) Ehrenberg's? Die zu den Rhizopoden gezählte Amoeba (Fig. 86 a. f. S.) besteht aus einer ungeformten, schleimigen, zähen, Sarcode genannten Masse, die nur eine Anzahl von Körnchen und kleinen, freien Zellen in ihrem Innern enthält. Sie bietet, bald sich strahlenförmig ausdehnend, bald sich zusammenziehend, die wunderbarsten Formveränderungen dar. Eben so wenig aber, wie bei der Bewegung einer Mimosa pudica wird man geneigt sein, hier an einen Act der Willkür zu denken: in beiden Fällen handelt es sich nur um eine freilich räthselhafte Contractilitätserscheinung. Die oben bezeichneten Infusorien ferner sind einzellige Geschöpfe, die sich mittelst eines fadenförmigen Anhanges wirbelnd in Flüssigkeiten bewegen. Aber in nichts unterscheidet sich diese Bewegung von der der durchaus gleichartig gestalteten Schwärmfadenzellen, die doch unzweifel-

haft pflanzlichen Ursprungs sind, und vergebens suchen wir hier so-

Fig. 86.



Amoeba porrecta (Schultze), im strahlenförmig ausgedehnten Zustande.*)

mit nach einem Unterscheidungsmerkmale. — Man glaubte ferner einen Unterschied zwischen Pflanze und Thier darin zu erkennen, daß dieses eine äußere Oeffnung und eine innere Höhlung für die Aufnahme und Assimilation der Nahrungsstoffe besitze, jene dagegen nicht. Besitzt aber nicht die Pflanze mit ihren Spaltöffnungen, Lufthöhlen und Intercellulargängen (s. Vortr. 7) eben in diesen vollkommnere Oeffnungen und Höhlungen für die Aufnahme ihrer luftförmigen Nahrungsstoffe, als wieder jene von einer gleichartigen Schleimmasse gebildeten, unbeschaalten Rhizopoden? Gelangen die in Wasser gelösten Nahrungsstoffe nicht eben so in Folge einer endosmotischen Aufsaugung in die Körpersubstanz dieser und vieler Infusorien, wie in die Wurzelzellen der höher entwickelten, oder die überhaupt nur aus einzelnen Zellen bestehenden Pflanzen? — Man unterschied ferner nach der Function. Das Thier, so sagte man, exhalire Kohlensäure, die Pflanze Sauerstoff. Allein die Beobachtungen von Morren, Kützing und neuerdings von Leuckart (bei Euglene), wiesen nach, daß viele Infusorien, namentlich der größere Theil der Ehrenberg'schen Anenteraten, im Sonnenschein,

*) Copie nach Schultze. Taf. VII. Fig. 18 des schönen Werkes: „Ueber den Organismus der Polythalamieen nebst Bemerkungen über die Rhizopoden im Allgemeinen. Leipzig 1854." — 350mal vergrößert. — „Jeden Augenblick verändert sich Gestalt und Ausdehnung des Körpers, „je nachdem die fließende Substanz hier oder dorthin die fadenförmigen „Aeste treibt, die an Länge den Körper oft um das Zehnfache übersteigen, „sich theilen, verästeln, hie und da wieder zusammenfließen u. s. w." —

gleich den Pflanzen, Sauerstoff exhaliren. Weiter glaubte man darin ein unterscheidendes Merkmal gefunden zu haben, daß allein den Pflanzen jener eigenthümliche, die Pflanzenzellhülle bildende und uns schon als Cellulose bekannte Stoff zukomme. Aber auch in vielen niedern Thieren hat man jetzt nicht nur die Cellulose, sondern auch das Stärkmehl und den grünen Farbstoff der Pflanze gefunden, und Cohn verdanken wir neuerdings den Nachweis, daß sich die, früher dem niedern Thierreich als charakteristisch zugeschriebene Sarcode-Substanz weder in optischer, noch physikalischer, noch chemischer Beziehung von dem sog. Protoplasma (der Bildungsflüssigkeit) der Pflanzen unterscheide. Endlich hat man noch die Art der Nahrungsmittel als Differenzpunkt hervorgehoben. Man sagte, der Pflanze dienen fast ausschließlich unorganische Verbindungen (Kohlensäure, Ammoniak, Wasser, Mineralstoffe) zur Nahrung, das Thier aber vermöge sich **nur** durch organische Verbindungen, wie sie ihm Pflanzen oder andere Thiere liefern, zu ernähren. Allein, wiewohl wir dieses Umstandes selbst schon einmal als eines Unterscheidungsmerkmales gedacht haben (Bd. I. S. 184), streng genommen ist auch er nicht durchgreifend, da es wenigstens sehr wahrscheinlich ist, daß auch viele Pilze sich von organischen Stoffen nähren. Alle bisherigen Unterscheidungsmerkmale sind darnach nicht länger haltbar, und entweder müssen wir auch alle jene durch pflanzliche Eigenschaften ausgezeichneten, bisher aber für Thiere gehaltenen Geschöpfe in das Pflanzenreich verweisen, oder wir müssen die Annahme einer Gränze zwischen beiden überhaupt aufgeben. *) Die Zukunft allein vermag darüber zu entscheiden. Wahrscheinlich will es uns freilich dennoch und trotz aller angeführten Gegengründe scheinen, daß eine genauere Erkenntniß der gesammten Lebensvorgänge, der Nahrungsverhältnisse und des Stoffwechsels der niedersten Lebensformen, zu einer scharfen Gränzbestimmung hinführen wird, daß es sich dennoch herausstellt, daß alle Pflanzen Sauerstoff, die Thiere aber **nur** Kohlensäure exhaliren; aber dem Gewinne dieser Erkenntniß stellen sich bei der Kleinheit der niedersten pflanzlichen und thierischen Organismen unendliche

*) In Betreff dieses Gegenstandes verdanke ich meinem verehrten Freunde, Prof. Leuckart in Gießen lehrreiche Mittheilungen, welche demnächst im „Archiv für Naturgeschichte" erscheinen werden. —

Schwierigkeiten entgegen und nicht ohne manche Mühe und erst nach längerer Zeit wird sie zu erreichen sein.

Doch auch schon der jetzige Stand der Thatsachen hat ein wesentliches Gewicht für uns, wenn es sich um den Gewinn einer richtigen Anschauung von der Stellung des Thierreichs gegenüber dem Pflanzenreich handelt. So viel erhellt unter allen Umständen aus ihnen, daß Pflanzen und Thiere nicht überall zwei scharf geschiedene Gruppen von Lebensformen sind, beide vielmehr von einem gemeinsamen Punkte, gleich Aesten von dem Stamm, auslaufen; der Art jedoch, daß, während der eine nur zu einem verhältnißmäßig geringen Grad der Ausbildung gelangt, verhältnißmäßig wenigere Zweige treibt, der andre in unendlicher Mannigfaltigkeit, in Tausenden von Formen, endlich einen Höhepunkt erreicht, zu dessen richtiger Würdigung uns erst das tiefere Verständniß der menschlichen Organisation befähigt.

Leicht, sagten wir oben, unterscheidet man den vollen Baum oder die blüthentragende Pflanze von dem ausgebildeten Thier und selbst vielen Wirbellosen. Doch worin besteht dieser Unterschied? Führen wir uns in Kürze noch, dem Bekannteren das Unbekannte hinzufügend, die wesentlichen Differenzpunkte vor. Es handelt sich zunächst um die materielle Zusammensetzung. Eine eingehende Untersuchung lehrt uns aber hier, daß, wiewohl beide, Pflanze sowohl als Thier, aus denselben Elementarstoffen und Verbindungen derselben, d. h. aus stickstoffhaltigen, stickstofffreien und gewissen unorganischen Verbindungen bestehen, dennoch ein wesentlicher Unterschied darin besteht, daß im Thiere die Menge der stickstoffhaltigen Verbindungen bedeutend vorwiegt, während die Pflanze, dem Thiere gegenüber, vorzugsweise reich ist an stickstofffreien Verbindungen. Schon in dem kleinsten, microscopischen Elementarbestandtheil des organischen Gewebes, der Zelle, tritt diese Differenz hervor; denn die Pflanzenzelle besitzt, wie früher bereits bemerkt (s. Bd. I. S. 236) eine stickstofffreie Hülle, während die Thierzelle, abgesehen von der oben erwähnten zweifelhaften Ausnahme von einer stickstoffhaltigen, ein Kalkalbuminat (d. h. eine Verbindung von Eiweiß und phosphorsaurem Kalk) darstellenden Wand umgeben ist. — Noch hervorragendere Unterschiede bieten sich uns dar, wenn wir der Form unsre Aufmerksamkeit zuwenden. Wir nannten früher die Pflanze einen Zel-

lenorganismus. Auch der Thierkörper ist ein solcher, auch all seine einzelnen Theile bilden sich aus einzelnen Zellen hervor. Aber während die Tausende von Zellen in der Pflanze nur zu wenig differenten Complexen zusammentreten, während wir in allen Organen derselben im Wesentlichen nur zwei Gewebsformen auffinden, das Parenchym und die Gefäßbündel, findet sich im Thier und namentlich in dem höher entwickelten, eine bei Weitem größere Anzahl und eine bei Weitem größere Differenz einzelner Zellencomplexe, die dann, als Organe unterschieden, das Thier zu seinen Leistungen befähigen, zum Theil selbst ganz ohne Analogie in der Pflanze dastehen. So hat das ausgebildete Thier vor Allem ein Nervensystem, welches der Pflanze durchaus fehlt; so hat es einen besondern Verdauungsapparat zur Aufnahme und ersten Verarbeitung der Nahrungsmittel, so wie zur Ausscheidung des Unbrauchbaren; so ferner einen besondern Apparat zur Verbreitung der assimilirten Nahrungsstoffe durch den Organismus, so wie zur Vermittlung des dem Wachsthum und der Erhaltung dienenden Stoffwechsels überhaupt, den sog. Circulationsapparat; so ferner besondere Bewegungsapparate, ein Muskel-, ein Knochensystem u. s. w. — Je höher aber die Organisation, je mehr und je verschiedenere einzelne Organe, um so vollkommner auch die Leistungen, die Verrichtungen der Thiere, die als solche wieder dem Zwecke der Erhaltung des Bestehenden entsprechen, nothwendig waren zur Realisation des Schöpfungsplanes, aber auch eine dritte wesentliche Differenz zwischen Pflanze und Thier bedingen. Die Pflanze sollte organische, stickstoffhaltige und stickstofffreie, Verbindungen aus unorganischen Stoffen, aus Kohlensäure, Ammoniak, Wasser und gewissen Mineralbestandtheilen des Erdbodens herstellen; diese findet sie in gewisser Menge überall; sie bedurfte daher keiner willkürlichen Bewegung, um ihre Nahrung zu suchen. Das Thier dagegen vermag jene unorganischen Verbindungen nicht zu organischen aneinanderzufügen. Es sollte zur Erhaltung des Ganzen, zur Realisation des Kreislaufs des Stoffes, die schon von der Pflanze vorbereitete Nahrung, die organischen Verbindungen aufnehmen, sein Blut, sein Fleisch, sein Fett u. s. w. aus ihnen bilden, sie gleichzeitig aber auch wieder in ihre Elementarbestandtheile zerlegen und den Vorrathskammern der Natur zurückführen. Diese Verbindungen finden sich aber

nicht überall; das Thier muß sie suchen; und um diese Aufgabe erfüllen zu können, bedurfte es eines willkürlichen Bewegungsapparates, eines Nerven- und Muskelsystems, Apparate, die bei nur einiger Ausbildung das Thier so wesentlich von der Pflanze unterscheiden. Und derselbe Apparat, welcher den Willen des Thieres auf die Muskeln überträgt, verleiht ihm zugleich eine zweite charakteristische Eigenschaft. Das Nervensystem ist es, durch welches es empfindet, durch welches es zur bewußten oder unbewußten Wahrnehmung äußerer Verhältnisse, zur bewußten oder unbewußten Empfindung innerer Zustände befähigt wird, durch welches schließlich zugleich jene geistigen Thätigkeiten vermittelt werden, welche das Thier zu diesen oder jenen Handlungen veranlassen, den Menschen aber, im höchsten Grade der Ausbildung, zum einsichtsvollen Verständniß der Natur und zur Erkenntniß Gottes emporheben.

Damit haben wir unserer obigen Anforderung entsprochen. So kurz, als es hier nur geschehen konnte, haben wir das Verhältniß des Thierreichs zum Pflanzenreich, das Verhältniß beider zum Reiche der unorganisirten Körper, so wie das Verhältniß des Menschen zur übrigen Schöpfung in Betracht gezogen, haben die Frage nach der Gränze zwischen Pflanze und Thier erwogen, und die wesentlichsten Unterschiede zwischen beiden bezeichnet. Was dieser Darstellung an individuellen Ansichten hinzugefügt wurde, mag wieder, wie in einem frühern Vortrage, nur dazu dienen, den Leser zum eignen und weitern Nachdenken anzuregen. — Gehen wir nunmehr zu der nähern Betrachtung des Thierreichs selbst über. —

Auch hier wieder nehmen wir von unserm früher gegebenen Bilde einer Landschaft unsern Ausgang. Nur wenige höher und höchstentwickelte Thierformen führte es dem fernstehenden Auge vor. Aber in welch' unendlicher Anzahl und Mannigfaltigkeit treten uns dieselben entgegen, wenn wir näher gehend und sorgfältig suchend den Blick nach allen Seiten wenden! Die Bäume bewohnt eine Schaar von Vögeln; Frösche, Eidechsen und andere Repräsentanten einer dritten großen Thierklasse beleben unmittelbar die Oberfläche des Bodens; ein Zug von Fischen treibt sich in dem fließenden Bache umher; die Luft durchschwebt ein Heer von Insekten, während im dunkeln Schooß des Erdreichs zahllose Würmer ihre Nahrung suchen; Krebse sind die Gesell-

schafter der Fische und neben dem Vogel hängen ihr Haus mit sich führende Schnecken an Blatt und Zweig; Muscheln decken vielleicht den Boden unseres Baches; und bewaffnen wir endlich noch unser Auge, so findet es in jedem Tropfen Wassers, in dem Schlamme oder der feuchten Erde Millionen von kleinsten Thierformen, verschieden wieder unter sich, wie verschieden von allen übrigen. Was, in der That, fesselt unsre Aufmerksamkeit zunächst bei der Betrachtung des Thierreichs mehr, als die endlose Mannigfaltigkeit der Formen! Doch was in buntem Gemisch die Natur dem Blicke entgegenführt, hat die vergleichend-anatomische Untersuchung der Tausende von Thierformen längst schon in eine Anzahl eng zusammengehöriger, größerer und kleinerer Gruppen geordnet, eine Ordnung, deren wir uns, so bekannt sie auch ist, doch flüchtig erinnern wollen, bevor wir die Lebenserscheinungen der einzelnen Formen selbst in Betracht ziehen. Verschiedene Naturforscher differiren zwar hinsichtlich der Stellung, welche sie dieser oder jener Gruppe geben zu müssen glauben;*) bald zählt man z. B. die Würmer zu den Gliederthieren, bald läßt man sie eine Classe für sich bilden, bald stellt man die Weichthiere den Gliederthieren voran, bald läßt man sie ihnen folgen. Doch es kann uns das für unsre Zwecke gleichgültig sein; in der Aufstellung der Hauptgruppen herrscht allgemeine Uebereinstimmung; und diejenige Eintheilung, welcher wir als einer ältern folgen, welcher wir früher (Bd. I. S. 136) bereits gedachten, und welche sich sehr nahe an die Classifikation von Cuvier anschließt, wird noch von vielen vergleichenden Anatomen festgehalten. Je nachdem die Thiere versehen sind mit einer Wirbelsäule oder nicht, sondert man sie in die beiden großen Abtheilungen der Wirbelthiere und der Wirbellosen. Jene trennt man dann in die bekannten vier Classen der Säugethiere, Vögel, Amphibien und Fische; diese in die vier Classen der Gliederthiere, Weichthiere, Strahlthiere und Infusorien. Die Gliederthiere sondert man wieder in die Insekten, Spinnen, Krustenthiere und Würmer; die Weichthiere in die Kopffüßler, Schnecken und kopflosen Weichthiere; und

---

*) Vgl. hierüber u. A. Dr. Oscar Schmidt Handbuch der vergleichenden Anatomie. 3. Aufl. 1855.

die Strahlthiere endlich wieder in die Stachelhäuter, Quallen und Polypen.

Damit ist denn auch unser noch vorliegendes Untersuchungsgebiet bezeichnet und geordnet. — Zweifach sonderten wir nun bei Betrachtung des Pflanzenreichs die Erscheinungen; auf der einen Seite unterzogen wir den Bau, auf der andern die Lebenserscheinungen einer nähern Untersuchung. Denselben Gang wollen wir auch hier inne halten. Heben wir jedoch zuvörderst und ehe wir die Hauptaufgabe selbst in Angriff nehmen, eine Frage heraus, die wir dort in das allgemeine Bild hineinfügen konnten, hier aber, wegen ihres Umfangs und vielfältigen Eingriffs in die folgenden Untersuchungen, voranschickend einer besondern Betrachtung unterziehen müssen. Es ist dies die interessante Frage nach der Fortpflanzung und Entwicklung der verschiedenen Thierformen, und ihr also gelte zunächst unsre Aufmerksamkeit.

Wie im Pflanzenreich, so ist auch im Thierreich ein stetes Vergehen und Erstehen eine täglich sich darbietende Erscheinung, und in der That, diese Vergänglichkeit der Organismen war für den Bestand des Naturganzen eine unvermeidliche Nothwendigkeit. „Wäre die uns umgebende lebende Schöpfung aus unveränderlichen Theilen zusammengesetzt,“ sagt Bergmann*) sehr richtig, „so würde sie scheitern müssen. Pflanzen, welche sich gar nicht änderten, hätten von vorn herein keinen Sinn. Von den Thieren würden nach kurzer Zeit nur noch die stärkern Fleischfresser übrig sein und dann sich gegenseitig aufreiben müssen. Aber auch abgesehen von der Unmöglichkeit des Naturhaushaltes, bei jener Forderung zu bestehen, ist es leicht ersichtlich, daß solche Individuen, welche den Keim des Todes nicht in sich trügen, dennoch allmählig durch äußere Einflüsse abgenützt werden würden. Alle Unfälle, die auf das einzelne Thier oder den Menschen im Laufe des Lebens verletzend, verstümmelnd einwirken, würden sich mit um so größerer Sicherheit allmählig an jedem Individuum anhäufen, je länger dasselbe lebte.“ Stete Neuschaffung von Organismen, steter Ersatz untergehender Generationen war deshalb erforderlich. Wie aber hat die

*) S. Bergmann's und Leuckart's vergleichende Anatomie und Physiologie. 1852. S. 542.

Natur dieser Nothwendigkeit genügt? Wie entstehen heutigen Tages die verschiedenen Thierformen?

Im Allgemeinen stoßen wir hier auf ähnliche Verhältnisse, wie im Pflanzenreich. Entweder findet die Fortpflanzung dadurch Statt, daß sich ein Organismus in Hälften theilt, die sich dann wieder zu vollkommnen Organismen ausbilden, — und, wie dort, findet sich auch hier diese Fortpflanzungsart nur bei wenigen, niedersten, einfachsten Lebensformen —; oder es erlangt ein einfachster, elementarer Formbestandtheil eines Thieres, eine einzelne Zelle, vermöge uns noch gänzlich verborgener Verhältnisse, eine gewisse Selbständigkeit, einen vorzugsweise vollendeten Grad der Entwicklung, um sich später, und zwar nach weiterer Entwicklung, vom mütterlichen Organismus zu trennen. Es beginnt im letztern Falle die weitere Entwicklung damit, daß im Innern der ursprünglichen Zelle eine rasche Neubildung und Vermehrung von Zellen erfolgt. Angeregt wird diese Vermehrung aber entweder durch einen Befruchtungsact, oder auch ohne einen solchen zur Zeit der vollkommensten Reife des Thieres. Darnach unterscheidet man dann die geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung, und während man im ersten Falle die ursprüngliche Zelle mit dem Namen des „Eies" belegt, nennt man sie im letztern die Keimzelle oder Knospenzelle. Der durch die bezeichnete Zellenvermehrung entstandene Keim bleibt nun aber, als solcher, entweder dem Mutterthiere eine Zeit lang verbunden und entwickelt sich in oder auf ihm als Brut, Knospe oder Frucht, um sich erst nach erlangter Lebensreife von ihm abzulösen, oder er wird frühzeitig als Ei der Außenwelt übergeben, um dort unter geeigneten Verhältnissen seine weitere Entwicklung zu finden. Die Art der Lebensweise und der Bau der verschiedenen Thiere, so wie die materiellen Bedürfnisse des sich entwickelnden Keimes scheinen für die jedesmalige Wahl dieser Verhältnisse maaßgebend gewesen zu sein. Wo jene unverträglich waren mit der Entwicklung der Nachkommen im Innern des Mutterthieres oder wo dieser des Aufenthaltes in dem mütterlichen Organismus und der weitern Ernährung von ihm aus nicht bedurfte, da wurde eben zur Abgabe des unentwickelten Keimes, des Eies, an die Außenwelt gegriffen und seine weitere Entwicklung in dieser vorgesehen. Doch wir kommen darauf späterhin noch wieder

zurück. Verfolgen wir für jetzt erst die einzelnen Arten der Fortpflanzung etwas genauer.

Wir erwähnten zunächst der Theilung. Sie wird insonderheit bei den Infusionsthieren beobachtet, findet sich aber auch hie und da bei den Polypen oder Würmern. Es zerfällt bei dieser Art der Fortpflanzung der Leib des Mutterthieres in zwei oder mehre annäherungsweise gleiche Theile, von denen sich dann ein jeder auf dem Wege des gewöhnlichen Wachsthums durch Regeneration der fehlenden Organe zu einem selbständigen Wesen ausbildet. Leuckart beschreibt den Vorgang folgendermaßen: „Das erste Zeichen der beginnenden Theilung ist eine furchenförmige Grube, welche die beiden Theilungsstücke von einander absetzt und rund um das Mutterthier herumläuft. Anfangs nur ein seichter Eindruck, greift sie später, während der Ausbildung und Regeneration der beiden Stücke, immer tiefer, bis sie schließlich zur vollständigen Abtrennung derselben hinführt. In der Regel steht diese Furche senkrecht auf der Längsachse des Körpers; die Theilung ist also in den meisten Fällen eine Quertheilung, obgleich es unter den kurzen und gedrungenen Formen der Infusorien auch Beispiele einer Längstheilung giebt und selbst Arten vorkommen, die sich eben so gut der Länge, wie der Quere nach theilen können. Bei der Quertheilung fährt das vordere Theilstück (mit der Mundöffnung) während des ganzen Actes fort zu fressen und sorgt dadurch für einen beständigen Zufluß von Bildungsmaterial, während die Längstheilung, wie es scheint, gewöhnlich von einem Zustande der Ruhe begleitet wird, aus dem die Producte derselben erst später zu einem neuen Leben erwachsen." — Wir geben von dieser Vermehrungsweise der Thierformen beistehend eine bildliche Darstellung. In Fig. 90 (a. f. S.) sehen wir eine Vorticelle (Epistylis) sich durch Längstheilung vermehren; in Fig. 91 ein Halsthierchen (Trachelius anaticula) den Proceß der Quertheilung; in Fig. 92 ein andres (Chilodon cucullulus) den der Längstheilung durchlaufen. Wie rasch sich Thiere durch solche Theilungen vermehren, wurde schon früher einmal erwähnt (s. Vortr. 5. S. 179). Keine Fortpflanzungsart liefert eine so reichhaltige Nachkommenschaft, als eben die Theilung. Binnen 24 Stunden entstehen aus einer Bacillarie 8 Millionen, binnen 4 Tagen 140 Bil-

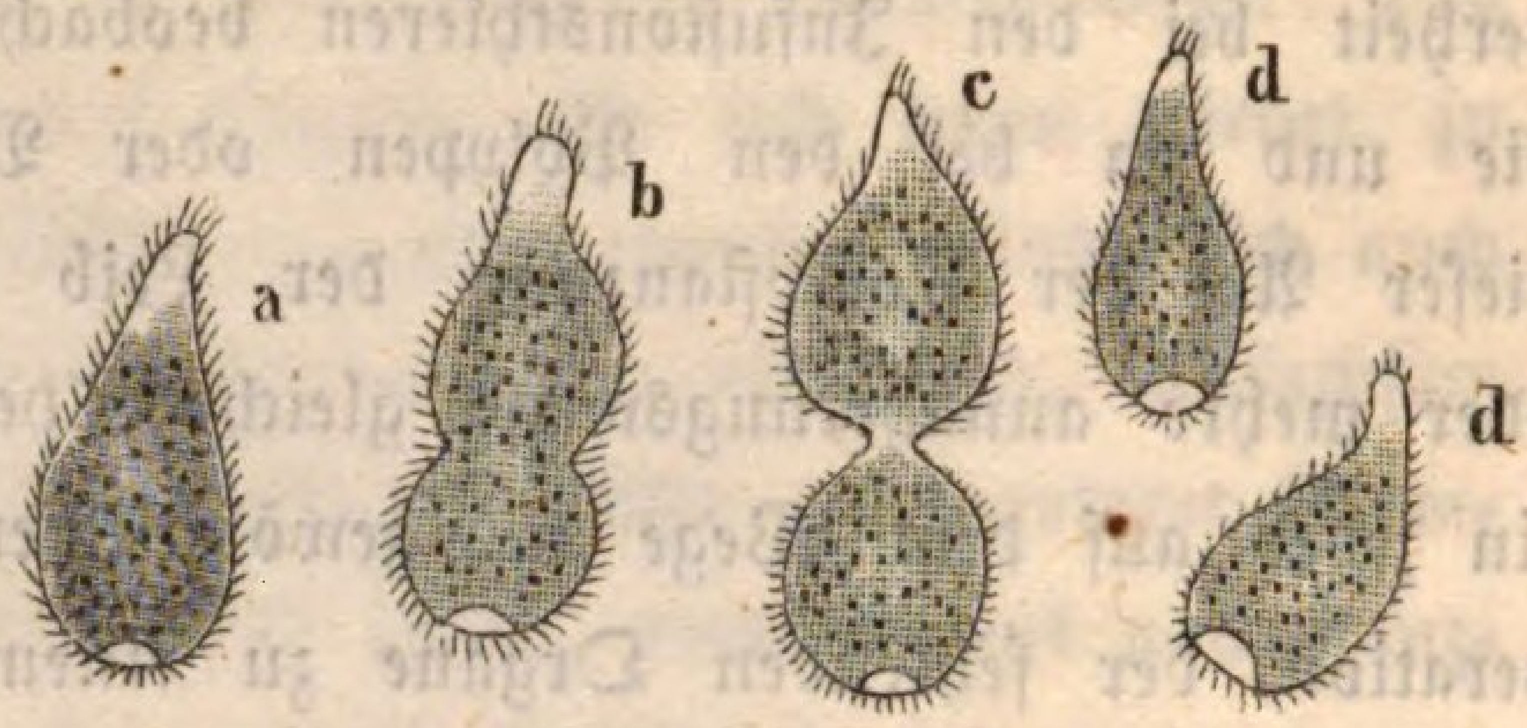
lionen! Daß Infusorien Berge und Länder schaffen können, wird uns erst nach Kenntniß dieser Verhältnisse begreiflich.

Fig. 90.



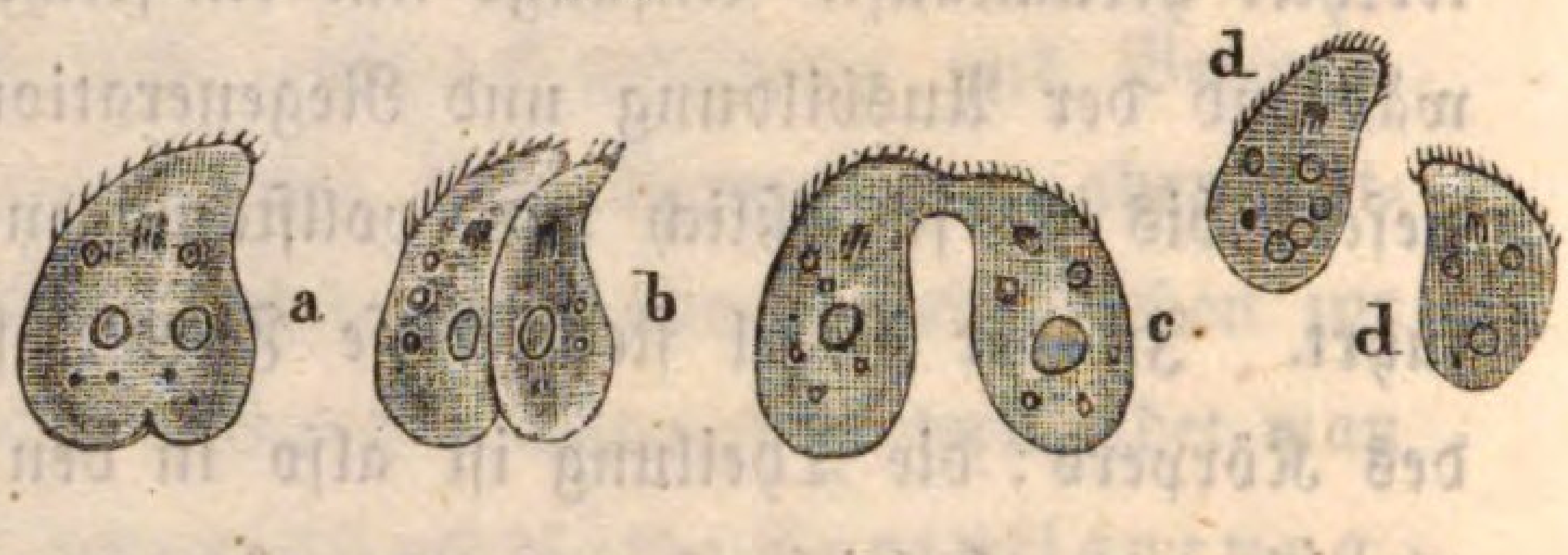
Vorticelle (Epistylis plicatilis).
2. In der Theilung begriffen.*)

Fig. 91.



Trachelius anaticula auf verschiedenen Stadien der Quertheilung.**)

Fig. 92.



Chilodon cucullulus auf verschiedenen Stadien der Längstheilung.***)

Die zweite Art der Fortpflanzung ist die durch **Knospung des mütterlichen Organismus**. Sie ist nach **Leuckart**†) von allen ungeschlechtlichen Vermehrungsarten am weitesten verbreitet und findet sich namentlich bei den Polypen, Scheibenquallen, Infusorien und andern niedern Thieren. Der Vorgang ist dabei im Wesentlichen der, daß sich in der

---

*) Copie nach **Ehrenberg**: „Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen." Taf. XXVIII. Fig. I. (300 mal vergrößert.)

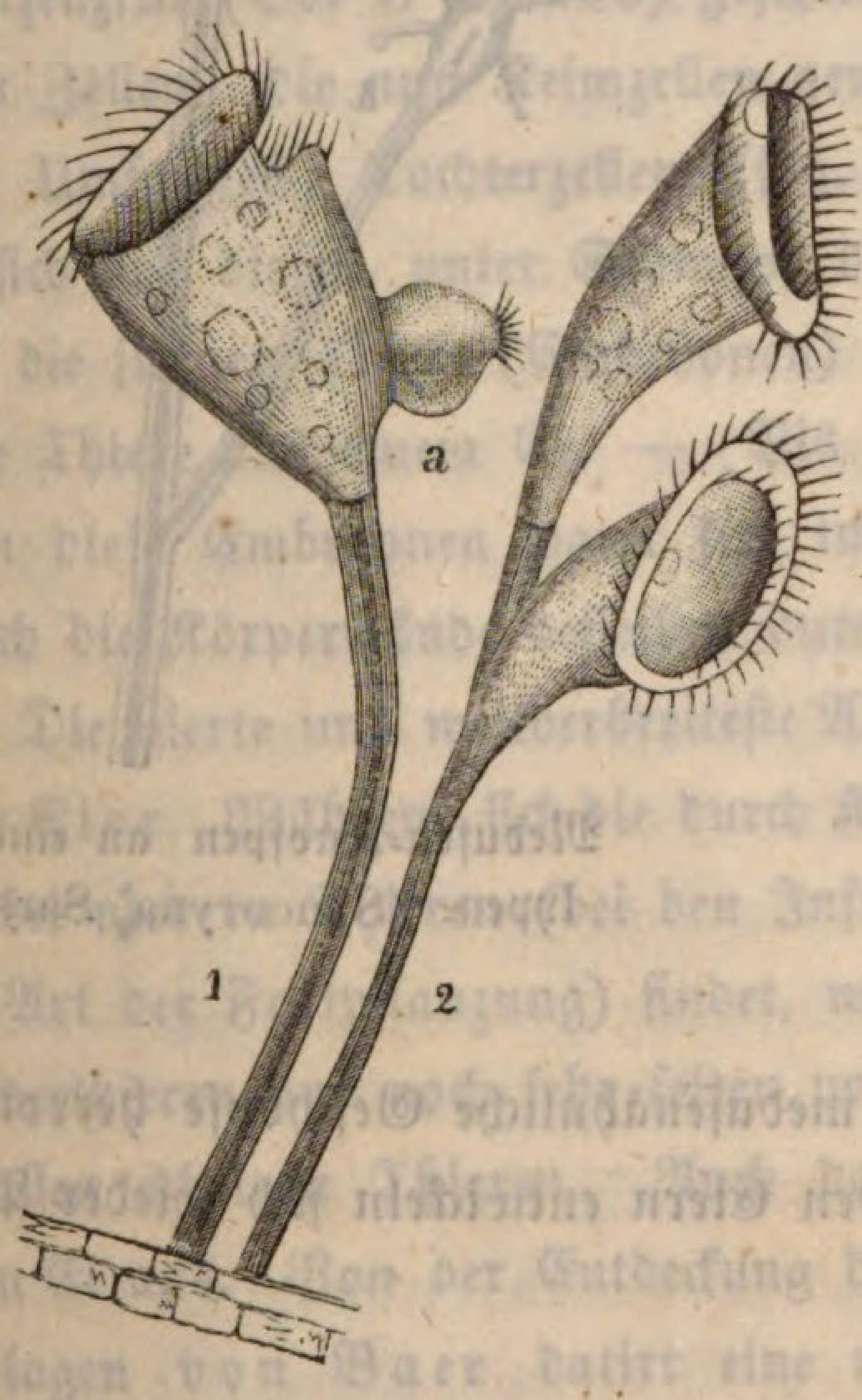
**) Desgl. Taf. XXXIII. Fig. X. (300 mal vergr.)

***) Desgl. Taf. XXXVI. Fig. VII. (300 mal vergr.)

†) S. dessen ausgezeichneten Artikel: „Zeugung" in **Wagner's** Handwörterbuch der Physiologie.

Substanz des mütterlichen Körpers, und zwar seitlich oder von der Achse des Thieres aus — man unterscheidet darnach laterale oder axillare Knospen — Keime entwickeln, die in ihrer ersten Anlage wahrscheinlich nur aus einer einfachen Zelle bestehen. Diese Keime wachsen dann allmählig nach außen hervor, bilden sich zum selbständigen Organismus aus und fallen nun entweder vom mütterlichen Organismus ab, oder bleiben lebenslänglich mit ihm in Verbindung, um zur Bildung eines sog. Thierstockes, „eines lebenden Stammbaumes" beizutragen. Solche Thierstöcke, die eine unverkennbare Aehnlichkeit mit Gewächsen darbieten, finden sich bekanntlich namentlich unter den Polypen, und die Analogie mit den Pflanzen ist nur um so schlagender, als auch hier die einzelnen neugebildeten Theile (Individuen) mit den ältern in einem mehr oder weniger offenen Zusammenhange stehen, so daß beide eine gemeinschaftliche Ernährung besitzen. „Was der Einzelne erwirbt," sagt Leuckart, „wird Eigenthum der Gesellschaft und kommt einem jeden Mitgliede zu Gute." — Um ein Beispiel auch dieser Fortpflanzungsart zu geben, führen wir in Fig. 87 eine Abbildung einer knospenden, sich übrigens auch durch Längstheilung vermehrenden Vorticelle (Carchesium polypinum, Glockenbäumchen), und in Fig. 88. u. 89. (a. f. S.) Bilder mit Medusenknospen besetzter Polypen vor. Es entstehen nämlich

Fig. 87.



Carchesium polypinum. a. Knospen. *)

*) Copie nach Ehrenberg a. a. O. Taf. XXVI. Fig. V. 2. Zwei durch Längstheilung aus einem hervorgegangene Individuen. 1. bildet bei a eine Knospe. — 300 mal vergrößert.

an einigen Polypen (Tubularien und Campanularien) merkwürdiger-

Fig 88.



Medusen-Knospen auf verschiedenen Entwicklungsstufen an einem Polypenstamme (Perigonimus muscoides). *)

Fig. 89.



Medusen-Knospen an einem Polypen. (Syncoryna Sarsii.) **)

weise Knospen, aus denen sich medusenähnliche Geschöpfe hervorbilden, in diesen entstehen Eier, aus den Eiern entwickeln sich wieder Polypen

*) Copie aus Carpenter's principles of physiology. 1851. S. 923. — a ein Polyp mit ausgebreiteten Tentakeln; b c d e f andere Polypen in der Entwicklung. g g g verschiedene Medusenknospen mit vier Punkten. h h h weniger entwickelte Medusenknospen. A mehr entwickelte Medusen-Knospe. a Magen. b b strahlenförmige Kanäle. 200mal vergr.

**) Ebendaher. S. 269. a der einfache Polyp mit seinen Tentakeln. b Polyp mit Medusen-Knospen auf verschiedenen Stadien der Entwicklung und Tentakeln.

und an den Polypen entstehen von Neuem Medusenknospen, — ein Beispiel des im niedern Thierreich so vielfach vorkommenden und oft durch mehr als vier Generationen hindurchgehenden sog. Generationswechsels, auf welchen wir unten wieder zurückkommen werden. —

Die dritte Art der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist die durch Keimkörner oder Keimzellen. Sie schließt sich nahe an die durch Eier an und ist nur dadurch von dieser verschieden, daß sich die Keimzellen hier ohne weitere Befruchtung zu einem neuen Individuum entwickeln. Sie findet sich nach den bisherigen Erfahrungen fast ausschließlich bei den Infusorien und Saugwürmern (Trematoden), und unter den Insekten vorzugsweise bei den Blattläusen (Aphis). Der Vorgang dabei ist einfach der, daß sich frei in der Körpermasse oder der Leibeshöhle der Mutterthiere einfache Zellen, ganz in der bei der freien Entstehung der Pflanzenzelle (Bd. I. S. 235) geschilderten Weise, entwickeln; daß in diesen Zellen, die nun Keimzellen genannt werden, unter Ausdehnung ihres Umfanges, Tochterzellen (sog. Embryonalzellen) entstehen, und daß sich aus diesen, unter Schwund der anfänglichen Hülle der Mutterzelle, die jungen Thiere (Embryonen) in ähnlicher Weise entwickeln, wie andre Thiere aus einem Ei. — Bis zu ihrer vollständigen Ausbildung liegen diese Embryonen dann frei im Innern des Mutterthieres, um endlich die Körperwände desselben durchbrechend, auszuschlüpfen.

Die vierte und weitverbreiteste Art der Fortpflanzung endlich ist die durch Eier. Während sich die durch Keimzellen, Theilung und Knospung nur bei niedern Thieren (bei den Infusorien wahrscheinlich als die einzige Art der Fortpflanzung) findet, während sie bei den Mollusken und Gliederthieren nur noch sehr selten vorkommt, findet sich die durch Eier bei allen übrigen Thieren. Auch das Säugethier entwickelt sich von einem Ei aus. Von der Entdeckung desselben durch den berühmten Embryologen von Baer datirt eine neue Periode der Entwicklungsgeschichte der Thierformen. Es sind diese Eier durch die ganze Thierreihe hindurch im Wesentlichen gleichartig gebaut; nur in Größe und chemischer Zusammensetzung zeigen sie nicht unbeträchtliche Differenzen. —

Was den Bau betrifft, so verdanken wir unsre heutige Kenntniß desselben vornämlich den Bemühungen Rud. Wagner's. Er verfolgte den Bau der Eier durch die ganze Thierreihe hindurch und legte

die Resultate seiner Forschungen in seinem „Prodromus historiae generationis 1836“ nieder. Im Allgemeinen bietet jedes Ei dieselben Formbestandtheile dar, wie eine einfache Zelle. Eine äußere Hülle, die sog. Dotterhaut, umschließt zunächst eine mehr oder weniger zähe Flüssigkeit, den Dotter, und in diesem befindet sich, in den reifern Eiern excentrisch gelagert, ein bläschenförmiger Kern (das sog. Purkinje'sche Keimbläschen), der wieder ein oder mehre Kernchen (den sog. Wagner'schen Keimfleck) einschließt. Was wir das Eiweiß des Hühnereies nennen, ist nur eine Umkleidung des eigentlichen Eies, und eine ähnliche Umkleidung erfahren viele Eier bei ihrem Durchgang durch die sog. Leitungsapparate, die das Ei nach außen oder in die Fruchthöhlen des lebendige Junge gebärenden Thieres befördern. Die wesentlichen Bestandtheile des Eies sind nur die eben und schon früher bei Betrachtung der Pflanzenzelle als dieselbe constituirend erwähnten Bestandtheile. —

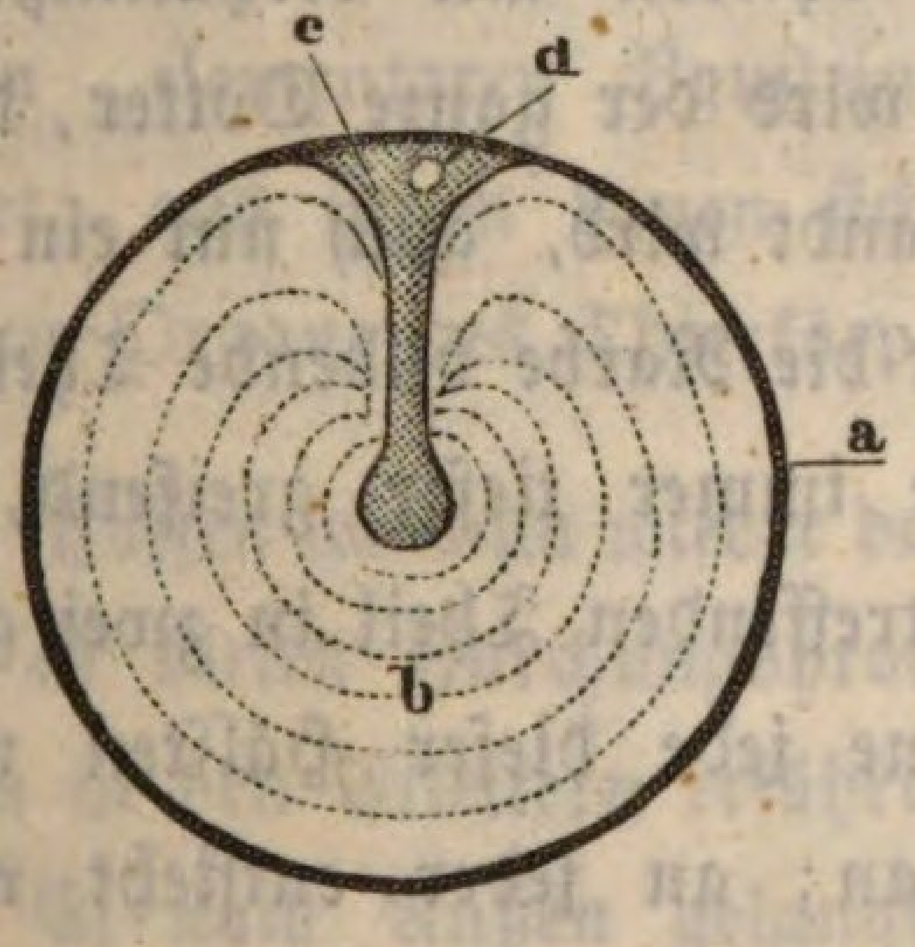
Die Größe der Eier variirt von $^{1}/_{200}$ ''' bis zu 3—5 Zollen im Durchmesser. Verläßt das Ei den mütterlichen Organismus vor seiner Entwicklung, wie z. B. bei den Vögeln, so ist es größer, als bei jenen Thieren, die lebendige Junge gebären, ein Verhältniß, welches leicht daraus verständlich wird, daß dort das für die Bildung des Embryo erforderliche Material in dem Eie selbst gegeben sein mußte, hier dagegen das Material auch später noch von der Mutter bezogen werden kann. Im erstern Falle wechselt die Größe des Eies selbst dann wieder nach der Größe des Thieres, wie es Jedem aus dem Verhältniß eines Straußeneies zu dem Ei eines Colibri bekannt ist.

Doch nicht nur bei der Erforschung der Beschaffenheit der Eier ist die Untersuchung stehen geblieben. Mit Hülfe des Mikroscopes ist in den letzten Jahrzehnden auch die Entwicklung des Thieres aus demselben fast durch die ganze Thierreihe hindurch von verschiedenen Forschern, unter denen insonderheit von Baer, Wagner, Bischoff, J. Müller, Kölliker, Leuckart u. A. ausgezeichnet sind, verfolgt, und kaum wohl giebt es einen Gegenstand der Physiologie, welcher unsre Aufmerksamkeit und Bewunderung in gleichem Maaße zu fesseln vermöchte, als eben diese Entwicklungsgeschichte des thierischen Organismus. Schritt vor Schritt ist man dem Entwicklungsproceß gefolgt; Beobachtungen, welche zuerst von Baer an dem Hühnerei anstellte, wurden

alsbald an den Eiern verschiedenartigster andrer Thiere fortgesetzt, bis sie **Bischoff** endlich mit einer bewundernswerthen Ausdauer und Sorgfalt auch auf die der Säugethiere (des Kaninchens und Hundes) ausdehnte. — Suchen denn auch wir uns ein wenn auch nur oberflächliches Bild von diesen überaus interessanten Vorgängen zu verschaffen und wählen wir unter den manchen genau verfolgten Entwicklungsgeschichten verschiedener Thiere die des Hühnchens zum Gegenstande der nähern Untersuchung.

Der Bau des am Eierstock des Huhns befindlichen Eies, das, daselbst in einer Kapsel eingeschlossen, in Folge des Platzens derselben austritt und, wie oben bemerkt, erst bei seinem Durchtritt durch die Eileiter und die sog. Cloake mit Eiweiß und Schaale, als accessorischen Bestandtheilen, umgeben wird, ist folgender: „Eine structurlose Haut (Fig. 93 a) von nicht unbeträchtlicher Dicke, die sog. Dotterhaut, umgiebt den gelblichen Dotter b, der seiner Hauptmasse nach aus zarten, ziemlich großen Bläschen besteht. Im Innern dieses Dotters befindet sich eine Höhlung, von welcher aus ein Canal gegen die Oberfläche des Dotters hinläuft; beide, Höhlung und Canal sind mit einer heller gefärbten, milchigen, körnigen Masse erfüllt. Diese heller gefärbte Masse verursacht das Erscheinen eines hellen Fleckes an der Oberfläche des Dotters, eines Fleckes, den man die Keimscheibe oder Narbe nennt; und in dieser Keimscheibe, dicht unter der Dotterhaut liegt das sog. Keimbläschen d. (Fig. 93.) Die im Verhältniß zur gelben größere Leichtigkeit der weißen Dottersubstanz ist die Ursache, daß die auch noch an dem gelegten Eie sichtbare Keimscheibe, wie immer man auch das Ei legen mag, oben liegt. Der Dotter des gelegten Eies hängt gleichsam nur an den sog. Hagelschnüren (spiralig gewundenen Eiweißhäuten, s. Fig. 95 f.) in dem Eiweiß, und vermag sich um seine Längsachse zu drehen; der leichtere Theil desselben

Fig. 93.



Durchschnitt des Eierstockeies der Henne, ohne seine Kapsel. a Dotterhaut. b gelber, sog. Nahrungsdotter. c weißgelblicher, sog. Bildungsdotter. d Keimbläschen.

wird sich also immer nach oben kehren; auch ist der Dotter selbst leichter als das Eiweiß und liegt deshalb im gelegten Eie immer nahe unter dem nach oben sehenden Theile der Schaale.

Sobald das Ei nun befruchtet ist, beginnt, und dies ist bei der großen Mehrzahl der Thiere der Fall, ein höchst merkwürdiger Proceß, die sog. Dotterklüftung. *) Es geht derselben überall, und wahrscheinlich unabhängig von der Befruchtung (Leuckart), ein Schwund, eine Auflösung des Keimbläschens vorauf, und es scheint, daß diese Auflösung den Dotter in eine, von der vorhergehenden verschiedene, gleichförmige und nun erst zu den weitern Umwandlungen befähigte Masse (s. Fig. 94 1.) verwandelt; die Klüftung selbst aber erfolgt dann in folgender Weise:

Da, wo sich von vornherein die ganze Masse des Dotters an der Bildung des Embryo betheiligt (also bei Thieren mit verhältnißmäßig kleinen Eiern, namentlich Säugethieren) wird der ganze Dotter, da wo nur zunächst ein Theil des Dotters verwandt wird, auch nur ein Theil desselben, und bei den Vögeln zwar der die Narbe bildende Theil von einer ringförmigen Furche umzogen, die immer tiefer greifend, dort endlich den ganzen Dotter, hier den betreffenden Theil in zwei gleiche Hälften theilt (s. Fig. 94. 3). **) Eine jede dieser Hälften nimmt wieder eine ovale oder sphärische Form an; an jeder entsteht wieder eine Furche, und alsbald hat man vier „Furchungskugeln" vor sich. Diese vier Kugeln erleiden denselben Vorgang abermals und so fort, bis sich endlich der ganze Dotter oder die ganze betreffende Parthie desselben zu einem Haufen microscopisch kleiner Elemente, die sich Anfangs nicht, nach und nach aber immer deutlicher als Zellen zu erkennen

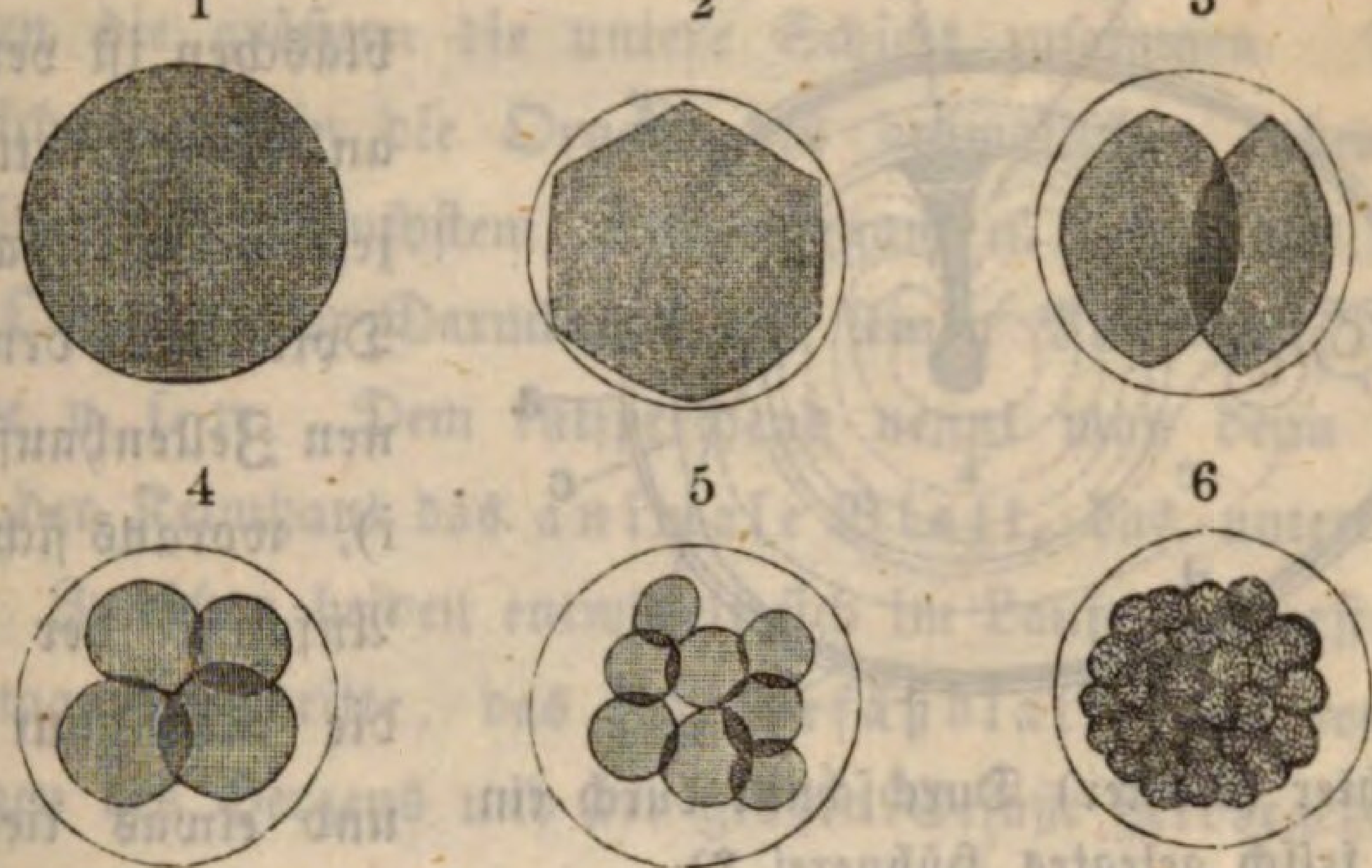
---

*) Nicht gefunden wird die Dotterklüftung bei manchen Eingeweidewürmern, Spinnen und Insekten. Der Dotter spielt dann nur die Rolle einer einfachen bildungsfähigen Flüssigkeit. —

**) Man unterscheidet darnach die totale und die partielle Dotterklüftung. Bei letzterer nennt man den Theil des Dotters, auf welchen sich die Klüftung erstreckt, den Bildungsdotter (s. Fig. 93 c), den übrigen Theil den Nahrungsdotter (s. Fig. 93 b).

geben, gestaltet.*) Damit sind, wie Leuckart es bezeichnet, die

Fig. 94.



Verschiedene Stadien der Dotterklüftung eines Säugethieres.**)

ersten „elementaren Bausteine" des zukünftigen thierischen Leibes gebildet; aus ihnen bauen sich in der That die ersten Anlagen der einzelnen Organe des Thierkörpers auf. —

Fassen wir nun wieder das Hühnerei allein in's Auge, so ist es gewiß, daß es diesen Furchungsproceß des bezeichneten Theiles seines Dotters schon in den Eileitern erfährt und daß derselbe schon beendigt ist wenn das Ei nach Außen gelangt. Das gelegte Ei bietet dann folgende Verhältnisse dar:

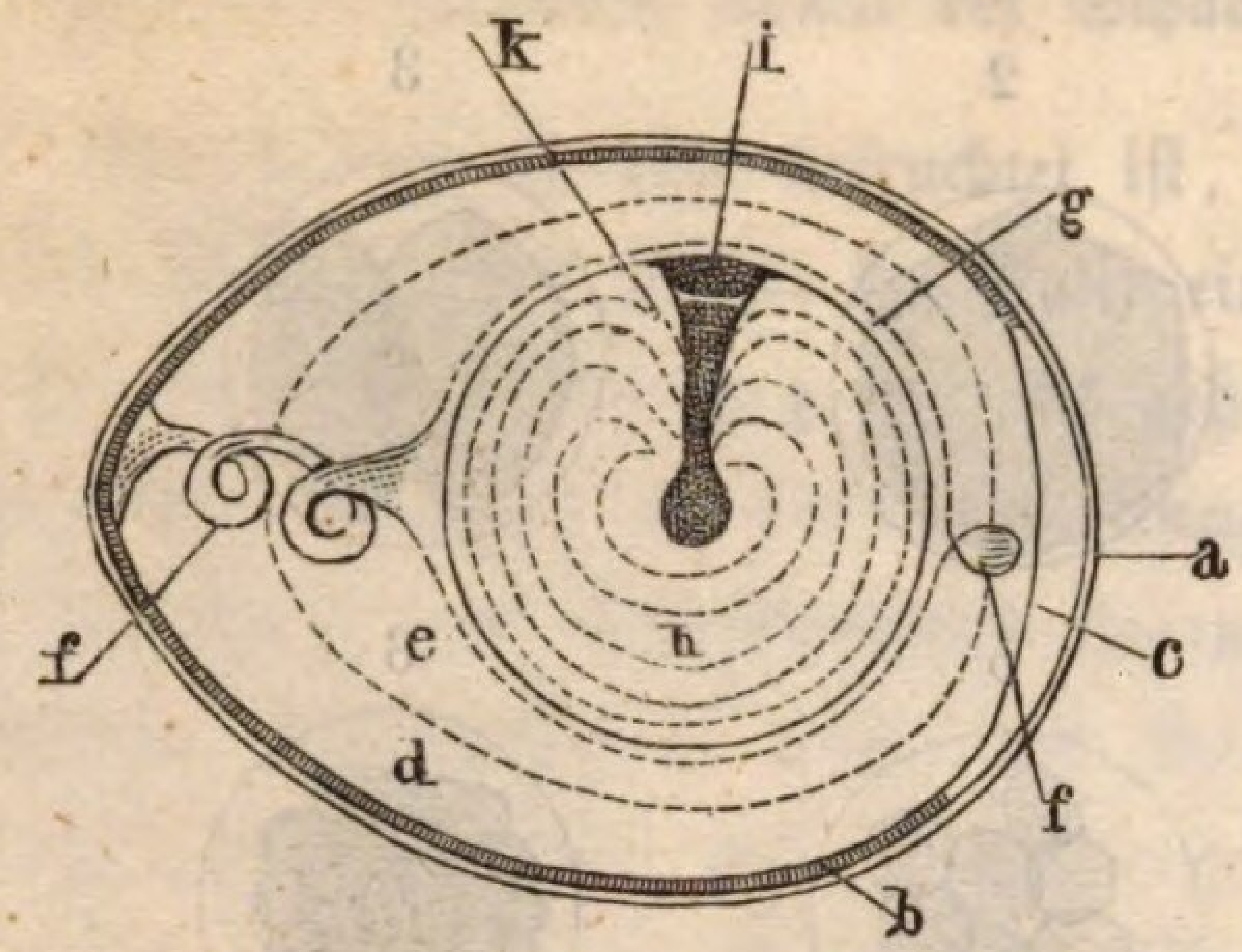
---

*) Bischoff (Entwicklungsgeschichte des Hundeeies S. 65) sagt: „Ich kann bestimmt sagen, daß während die Dotterkörnchen früher, so lange sie Kugeln bildeten, sicherlich von keiner Zellenmembran umschlossen waren, sie später eben so sicher von einer solchen umhüllt sind."

**) Nach Bischoff, Entwicklungsgeschichte des Hundeeies. In 1 stellt der Dotter eine gleichförmige Masse, nach Auflösung des Keimbläschens dar. In 2 hat er sich von der Dotterhaut abgelöst. In 3 beginnt die Klüftung. In 4, 5, 6 u. s. w. setzt sich dieselbe fort, um schließlich die den Säugethieren eigenthümliche, den Dotter umschließende Keimblase zu bilden (s. u.), was bei den Vögeln nicht der Fall ist. —

Die Hauptmasse des Dotters (Fig. 95 h) ist unverändert; auch die Narbe ist nach, wie vor sichtbar; aber das Keimbläschen ist verschwunden; an seiner Statt findet man jetzt unmittelbar unter der Dotterhaut den Keim, einen Zellenhaufen (Fig. 95 i), woraus sich gleich beim Anfange der Bebrütung die Keimhaut entwickelt, und etwas tiefer gelegen, in den Dotter eingebettet, durch einen kleinen mit

Fig. 95.



Senkrechter (idealer) Durchschnitt durch ein frisch gelegtes Hühnerei. *)

Flüssigkeit ausgefüllten Raum von dem Keim getrennt, den sog. Keimhügel (Fig. 95 k), eine lockere, weißgelblich, etwas konisch geformte Körnerschicht. Jener ist es auf den sich unsre Aufmerksamkeit jetzt vorzugsweise zu richten hat; sobald die Bebrütung beginnt, unterliegt er beständigen Veränderungen, um sich nach und nach zum Embryo zu gestalten. —

Die erste Veränderung, welche er erfährt, ist eine Zunahme an Dicke und Umfang, eine völlige Loslösung von der Dotterhaut (Fig. 96 a), der er zuvor oft anklebt, und eine Aufhellung im Centrum. Der Keim wird dabei zur Keimhaut (Fig. 96 b), die sich bald als aus drei verschiedenen Blättchen zusammengesetzt betrachten läßt. Der Zellenhaufen, welcher aus dem Furchungsproceß

Fig. 96.



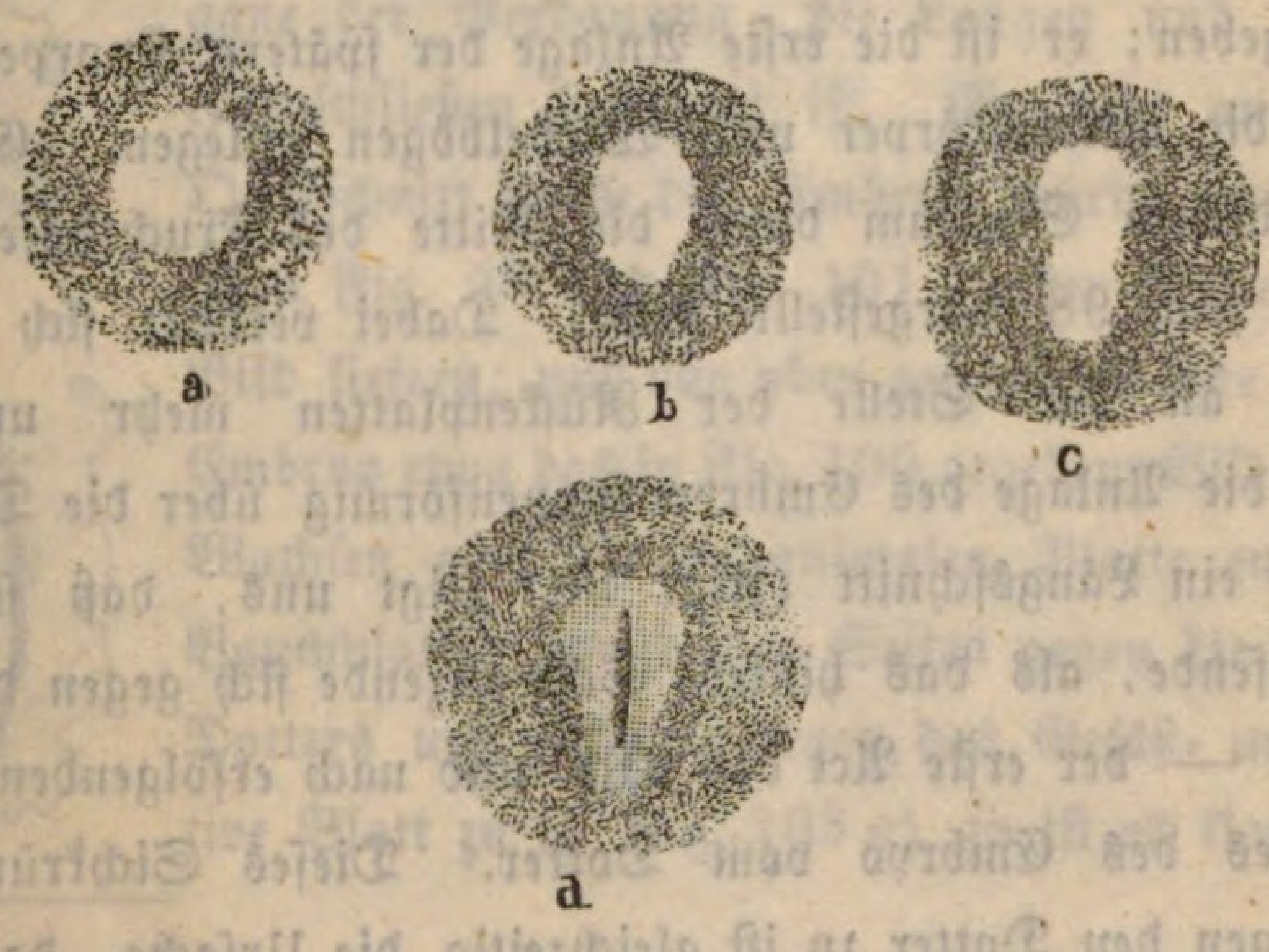
---

*) a. Kalkschaale. b. Schaalenhaut, die aus zwei Blättern besteht, welche am stumpfen Ende des Eies auseinanderweichen, um den Luftraum c zu bilden. d äußere flüssigere, e. innere zähere Eiweißschicht. f Hagelschnüre, die sich um den Dotter als sehr zarte Haut fortsetzen. g Dotterhaut. h Dotter. i Keim, ein Zellenhaufen. k centrale weißliche Dottermasse, deren oberer Theil den sog. Keimhügel bildet.

hervorging, besteht nämlich nicht aus lauter gleich großen Zellen; die einen sind kleiner und in der Bildung weiter vorgeschritten, als die andern; und während die kleinern die oberflächlichste Schicht der Keimhaut bilden, setzen die größern die untere Schicht zusammen. Aus jenen entwickeln sich späterhin die Organe des animalischen Lebens, Haut, Muskeln, Skelett, Nervensystem, Sinnesorgane u. s. w., aus diesem die vegetativen Organe, der Darmkanal mit seinen Anhängen, als Leber, Milz, Lunge u. s. w. Dem entsprechend nennt man denn auch das obere Blatt der Keimhaut das animale Blatt, das untere das vegetative. Zwischen beiden entwickelt sich im Laufe der ersten beiden Bebrütungstage das dritte, das sog. Gefäßblatt, aus welchem die ersten Anlagen des Herzens und der großen Gefäße hervorgehen.

Die oben erwähnte Aufhellung der Keimhaut im Centrum beginnt schon um die sechste bis achte Stunde der Bebrütung; man unterscheidet dann an der Keimhaut den sog. durchsichtigen Fruchthof von dem dunklern Gefäßhof. (Fig. 97 a) Um die zwölfte Stunde hat der erstere

Fig. 97.

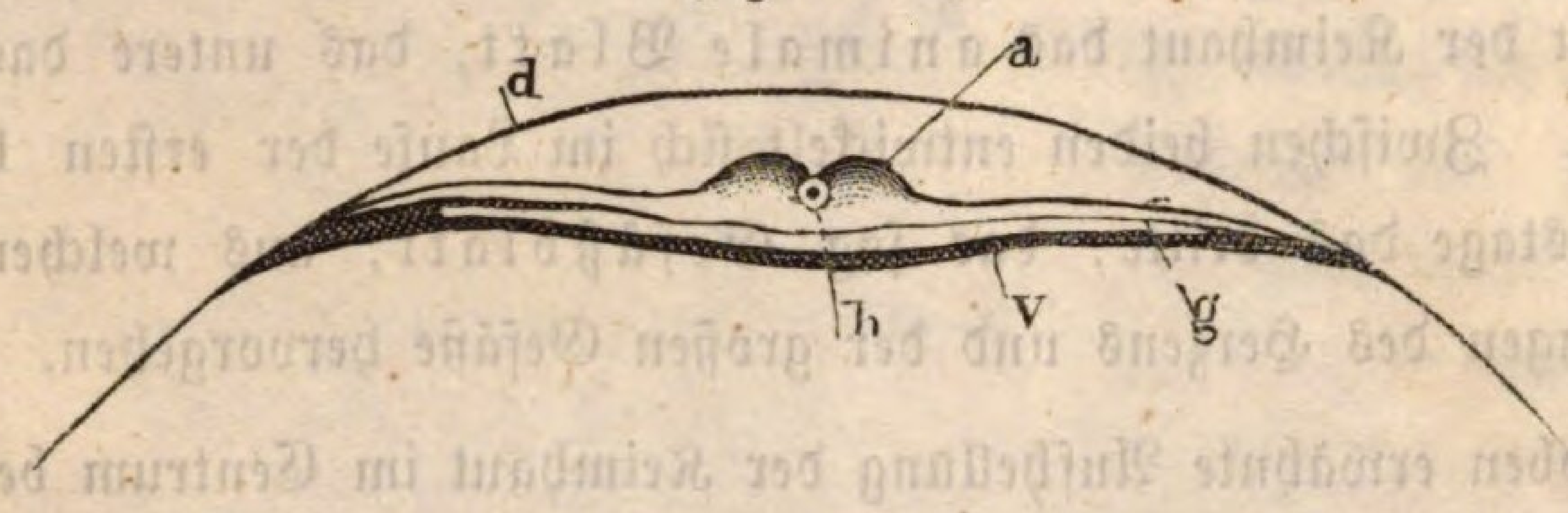


schon eine längliche (Fig. 97 b), später eine birnförmige (Fig. 97 c) Gestalt angenommen und eben um diese Zeit, etwa die fünfzehnte Stunde, erkennt man an ihm auch schon die erste Anlage des künftigen Thieres, und zwar in Gestalt einer leichten, in der Querare des Eies liegenden Vertiefung, die sog. Primitivrinne (Fig. 97 d). Man vermag um diese Zeit die Keimhaut als zusammenhängendes Blatt leicht mit einer Scheere von dem Dotter abzuschneiden, von der auf ihr lie-

genden Dotterhaut abzuspülen und nun mikroscopisch zu beobachten. Was sich weiterhin ereignet, wollen wir jetzt in möglichster Kürze andeuten.

Zunächst erheben sich zu beiden Seiten der Primitivrinne gegen die sechszehnte bis achtzehnte Stunde ein paar Kämme oder Wülste, die sog. Rückenplatten, die nach vorn und hinten hin etwas auseinanderweichen. (Fig. 98 a) Es sind dies dichtgedrängte Zellenlagen,

Fig. 98. *)



in denen man alsbald dunkle, fast viereckige Plättchen, als die ersten Anlagen der Wirbelbögen erkennt. Unter der Primitivrinne erscheint ungefähr um dieselbe Zeit die sog. Rückensaite oder Wirbelsaite (Fig. 98 b), ein sehr feiner Längsstreifen, von einer durchsichtigen Scheide umgeben; er ist die erste Anlage der spätern Knorpelsäule, an welche sich die Wirbelkörper und Wirbelbögen anlegen. Ein Querschnitt, in diesem Stadium durch die Mitte des Fruchthofes geführt, giebt das in Fig. 98 dargestellte Bild. Dabei verdickt sich das animale Blatt an der Stelle der Rückenplatten mehr und mehr, es hebt sich die Anlage des Embryo kuppenförmig über die Dotterfläche hervor, und ein Längsschnitt (Fig. 99) zeigt uns, daß sowohl das vordere Kopfende, als das hintere Schwanzende sich gegen den Dotter zu krümmt, — der erste Act des nach und nach erfolgenden Abschnürungsprocesses des Embryo vom Dotter. Dieses Sichkrümmen des Embryos gegen den Dotter zu ist gleichzeitig die Ursache, das sich das animale Blatt, welches über die Anlage des Embryo selbst hinausreicht, später faltenförmig erhebt oder besser stehen bleibt (s. Fig.

*) Ein Querschnitt auf die Längsachse der Embryonalanlage; wie alle folgenden Zeichnungen nach E. von Baer (Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere. 1828.) und R. Wagner (Icones physiologicae). — d Dotterhaut. a Rückenplatten. b Wirbelsaite.

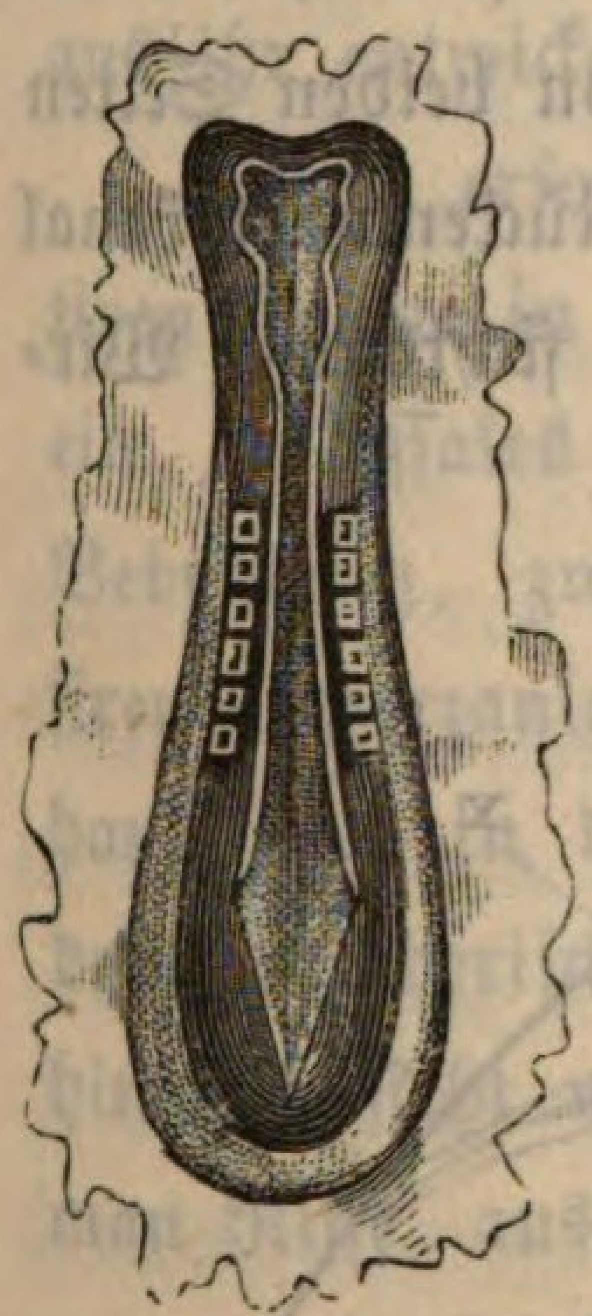
102 x), und damit die sog. Kopfkappe und Schwanzkappe,

Fig. 99.*)



die erste Anlage der den Embryo später umgebenden häutigen Hüllen, bildet. Zu derselben Zeit aber, wo der Embryo seiner Länge nach eine Krümmung erfährt, wuchert und verdickt sich das animale Blatt auch seitlich von den Rückenplatten, und während wir diese als nach oben zu wachsende Wülste kennen lernten, wachsen diese Verdickungen, die man die Bauchplatten nennt, nach unten zu (s. Fig. 101 c). Durch die endliche Vereinigung jener soll der Wirbelkanal, der Kanal für Gehirn und Rückenmark gebildet werden, durch die der Bauchplatten die Leibeshöhle, die die Organe der Verdauung, die Lungen und das Herz einzuschließen bestimmt ist. Ein jetzt ausgeführter Querschnitt durch den Embryo würde uns ein zwischen Fig. 98 und Fig. 101 in der Mitte stehendes Bild liefern; und von oben gesehen, würde der ganze Embryo etwa das in Fig. 100 gegebene Bild darstellen. Wachsen aber die im animalen Blatte entstehenden Bauchplatten von beiden Seiten gegen die Masse des Dotters und zunächst gegen das Gefäß- und vegetative Blatt zu (s. Fig. 103 c), so ist es klar, daß die

Fig. 100. **)



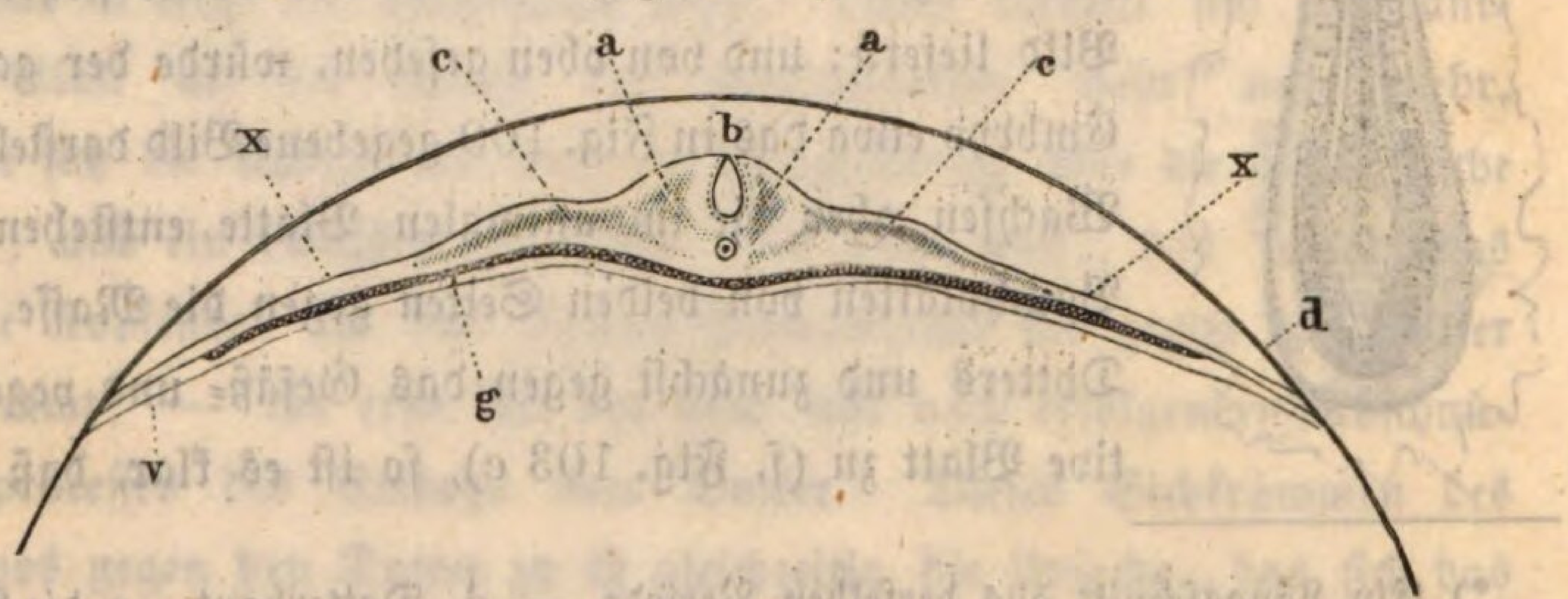
*) Ein Längsschnitt aus derselben Periode. — d Dotterhaut. a die Bildung des Embryo im animalen Blatt. g Gefäßblatt (hier als weißer Streifen). v Vegetatives Blatt.

**) Diese Zeichnung ist der „Entwicklungsgeschichte des Hundes" von Bischoff entnommen; beim Hühnchen verhält sich Alles sehr ähnlich. Die Rückenplatten haben sich noch nicht geschlossen, man sieht in die spätere Rückenmarkshöhle hinein. Vorn erweitert sich die Höhlung zur spätern Gehirnbildung. In den Rückenplatten selbst sieht man sechs paar Wirbelblättchen. Gegen die Höhlung zu, an ihrer Innenfläche sind sie

letztern, und es ist dies namentlich wichtig für das vegetative Blatt, eine Einschnürung erfahren müssen; es muß das vegetative Blatt die Gestalt eines nach unten noch offenen Rohres annehmen (s. Fig. 103 u. 106 D), dessen Schließung später die Entstehung eines Kanals, des zukünftigen Darmkanals bedingt. In gleicher Weise verursacht das seitliche Abwärtswachsen der Bauchplatten auch die Entstehung zweier Falten in dem äußern Theile des animalen Blattes, ganz analog denen, die wir oben durch Krümmung des Embryo in der Längsachse als Kopf- und Schwanzkappe entstehen sahen. Man kann jene Falten die Seitenkappen nennen; es finden sich dieselben in Fig. 101 bei x in der ersten, leichtesten Erhebung angedeutet. Durch Vereinigung aller vier Kappen über dem Embryo entstehen später (am vierten Tage) die zwei denselben umhüllenden Häute, das sog. Ammnion und die sog. äußere seröse Hülle.

Die Rückenplatten schließen sich nun aber viel früher, als die Bauchplatten. Kehren wir wieder zu ihnen zurück, so finden wir schon etwa um die sechsunddreißigste Stunde an dem Theile derselben, wo die ersten Wirbelkörper entstanden, eine Vereinigung der von beiden Seiten hervorwuchernden Kämme eingetreten, d. h. also den Rückenmarkskanal zum Theil geschlossen (Fig. 101 bei b); die Zahl der sichtbaren Wir-

Fig. 101.*)



mit einem weißen Streifen bekleidet, d. i. die erste Anlage der Rückenmarks- und Gehirnsubstanz. Dem Embryo hängen Fetzen des animalen Blattes an.

*) Querschnitt. d Dotterhaut. a a Rückenplatten, die sich bei b schließen, um den Rückenmarkskanal zu bilden. c c. Bauchplatten. Darunter liegen das durch Punkte bezeichnete Gefäßblatt und das vegetative Blatt.

belbogenplättchen hat sich auf 10—12 Paare vermehrt, und wenn wir früher erwähnten, daß die Rückenplatten nach vorn und hinten etwas auseinanderwichen, so ist diese Auseinanderweichung am Kopfende jetzt so bedeutend, daß zwischen den Rückenplatten mehre Abtheilungen oder Zellen sichtbar werden (s. Fig. 100). Dies sind die ersten Anlagen des Gehirns und seiner Anhänge. Die größte und vorderste Zelle ist nach unten gebogen (Fig. 102 a) und hat zwei seitlich gebogene Buchten,

Fig. 102.*)



als erste Anlagen der Augen; es ist die Zelle für die Sehhügel und die Schenkel des großen Gehirns; die zweite kleinere Zelle ist die für die Vierhügel, die dritte längliche Zelle die für das verlängerte Mark; aus ihr entwickelt sich später das Gehörorgan (vgl. Fig. 104). —

Was erfolgt während dieser Vorgänge im animalen und vegetativen Blatte in dem Gefäßblatt? Mit R. Wagner können wir es als ein „colossales Factum" bezeichnen, daß schon am zweiten Tage der Bebrütung, zwischen jenen erstern beiden Blättern gelegen, eine pulsirende Herzanlage (Fig. 102 h) gefunden wird, daß sich in der Keimhaut und in dieser Anlage schon ein hellgefärbtes Blut bewegt. In dem peripherischen Theile des Gefäßblattes, also über den Embryo selbst hinaus, sieht man inselartige Punkte entstehen, zwischen ihnen findet man Risse, aus denen sich zarte Kanäle, Blutgefäße zu entwickeln scheinen, und in diesen Kanälen bewegt sich blaßgelblich gefärbtes Blut. Das Herz selbst dagegen entsteht in der Form eines wellenförmig gebogenen Schlauches (s. Fig. 102 h und 104 h), der an seinem hintern und dickern Ende in zwei oder drei Schenkel (die spätern großen Venenstämme), vorn in einen einfachen, in seinem Verlauf aber noch nicht näher zu bestimmenden Kanal übergeht. Doch schon die nächste Zeit,

*) Längsschnitt. h die Herzanlage im Gefäßblatt.

die Zeit von der sechsunddreißigsten bis funfzigsten Stunde, die zweite Hälfte des zweiten Tages giebt uns Aufschluß darüber. Die in diese Periode fallenden Ereignisse fassen wir kurz in Folgendem zusammen:

Die Rückenplatten verschmelzen in der ganzen Länge des Verlaufs; der Rückenmarkskanal (Fig. 103 k) ist gebildet. Der Kopf (Fig. 104 g) krümmt sich stark nach unten. An der vordern Hirnzelle

Fig. 103.*)

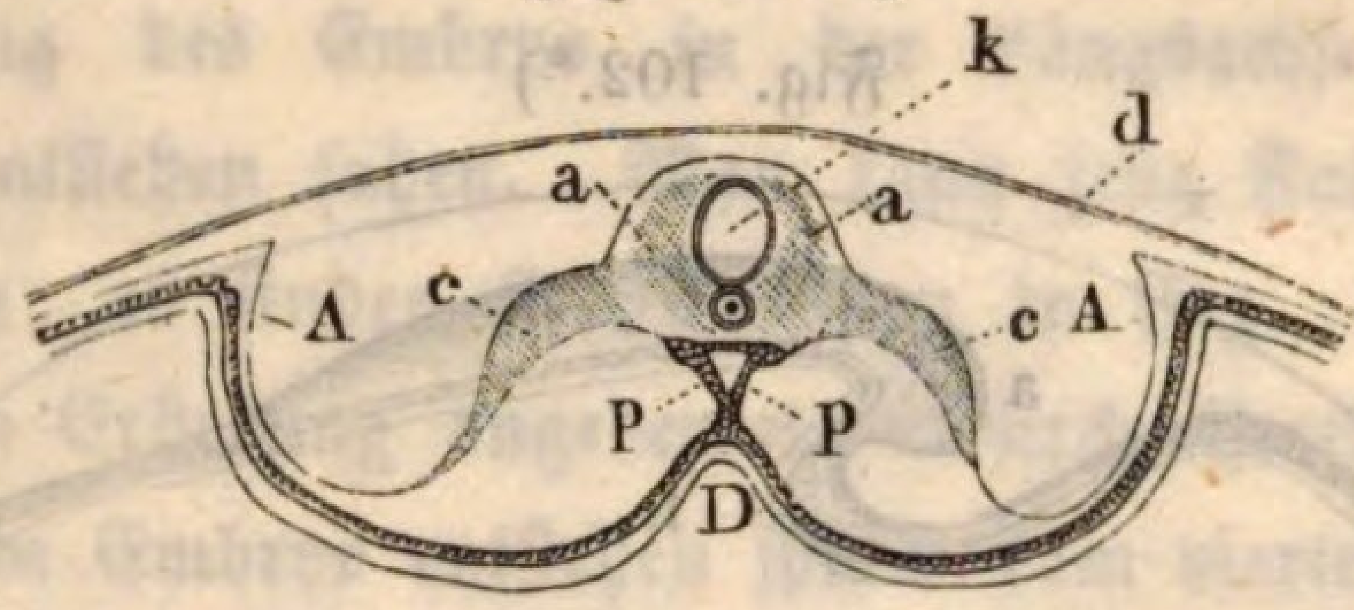
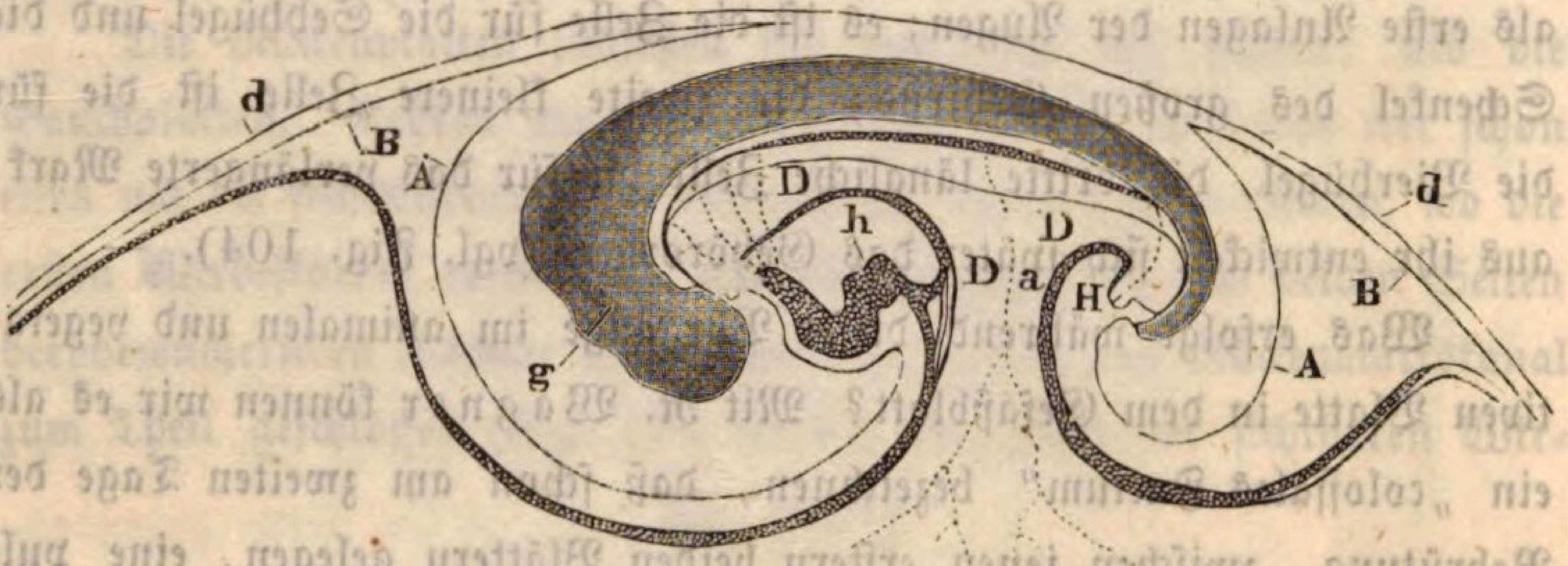


Fig. 104.*)

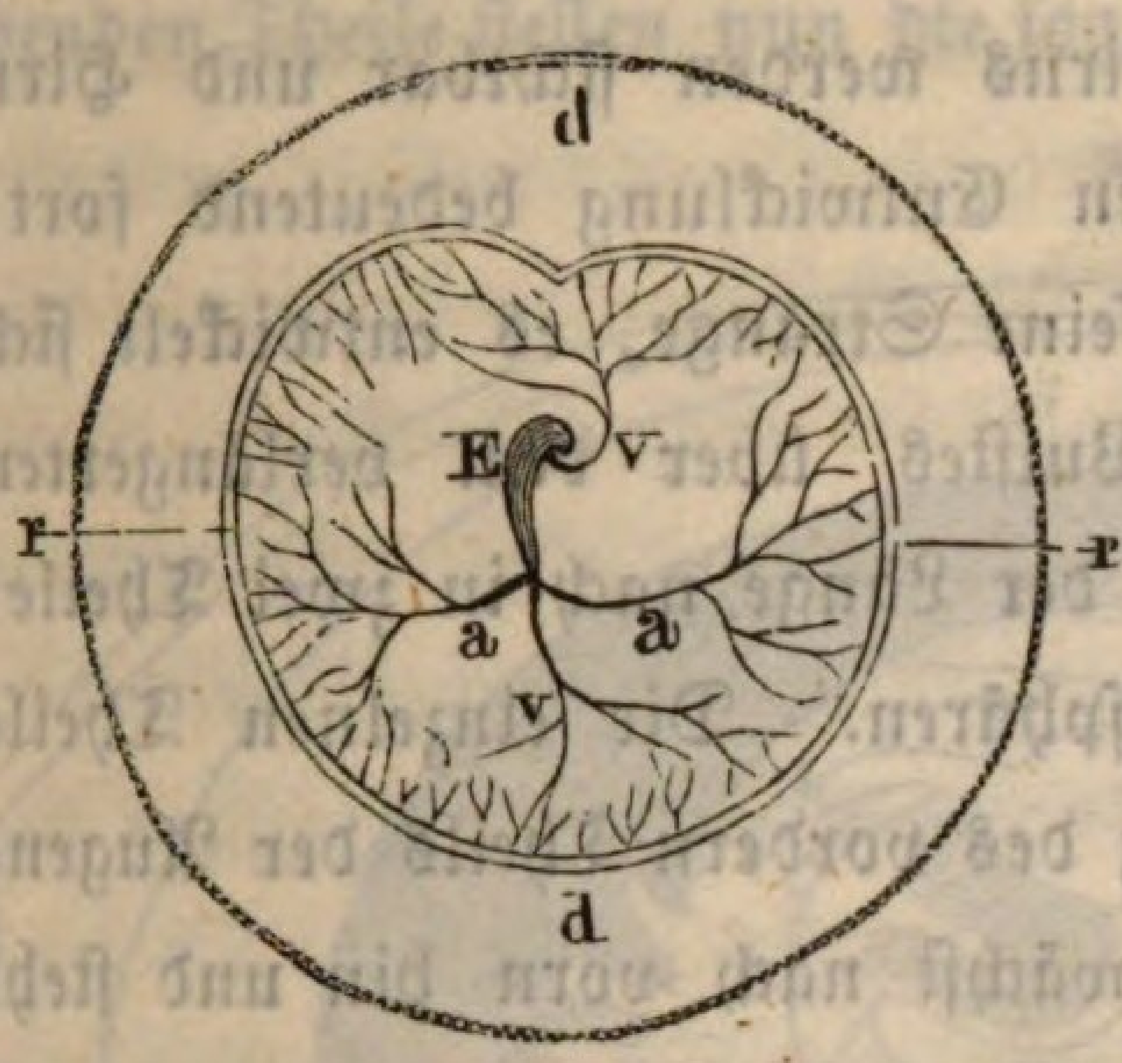


treten die Augenblasen stark hervor und geben ihr das Ansehn eines Hammers, die mittlere Hirnzelle vergrößert sich stark und aus der dritten Zelle erhebt sich blasenförmig beiderseits die Anlage des Gehörorgans; auch ist häufig an ihr schon eine vordere Abschnürung sichtbar, d. i. die Anlage für das kleine Gehirn. In der Peripherie des Gefäßblattes bildet sich ein Ringgefäß (Fig. 105 r a. f. S.), in dem sich das Blut sammelt, um von hier aus dem Herzen zuzufließen und von ihm wieder zurückgetrieben zu werden. Das Herz nimmt eine mehr gewundene Gestalt an, hat eine vordere und hintere Abtheilung (die

*) Fig. 103 und 104: d Dotterhaut. B Seröse Hülle. A Amnion. D Darmkanal. Fig. 103: a Rückenplatten. c Bauchplatten. p Gekrösplatten. k Rückenmarkskanal. Fig. 104: a Dotterarterien. g Kopf. o Mundöffnung. h Herz. H Harnsack.

spätern Vorhöfe und Kammern) (s. Fig. 104 b); sein vorderes Ende

Fig. 105. *)



sieht man jetzt in zwei Schenkel gespalten, welche bis an die Decke der künftigen Rachenhöhle gehen, dann rückwärts unter der Wirbelsäule verlaufen, zur künftigen großen Schlagader, der Aorta, verschmelzen, sich wieder spalten und so endlich als die das Blut vom Herzen wegführenden Gefäße (Fig. 104 a) in vielfacher Verästelung gegen das Ringgefäß zu verlaufen. Das Blut färbt sich roth. — Der Darmkanal (Fig. 104 D D D) schnürt sich in Folge des Abwärtswachsens der Bauchplatten (Fig. 103 c) mehr und mehr vom Dotter ab, steht aber immer noch mit demselben in weiter, offener Communication (Fig. 104 D).

Dies sind die wunderbaren ersten Entwicklungserscheinungen des Hühnchens, welche man gemeiniglich als die der ersten Periode zusammenfaßt. Dieselbe erstreckt sich von Beginn der Entwicklung bis zur Ausbildung des beschriebenen sog. Dotterkreislaufs. Es wird Jedem unwillkürlich das Gefühl der Bewunderung erzeugen müssen, daß in der kurzen Zeit von achtundvierzig Stunden die ersten Anlagen der einzelnen Theile des thierischen Organismus nicht nur genau erkennbar, sondern auch schon von einem Blute durchströmt sind, welches den Pulsationen eines Herzens seine Bewegung verdankt! — Die zweite Entwicklungsperiode ist aber nicht minder reich an auffallenden, rasch zu Tage tretenden Erscheinungen; sie erstreckt sich von der Ausbildung des Dotterkreislaufs bis zur Ausbildung eines zweiten, den letztern ersetzenden Kreislaufs. Auch von ihr wollen wir noch in aller Kürze eine Skizze zu entwerfen suchen.

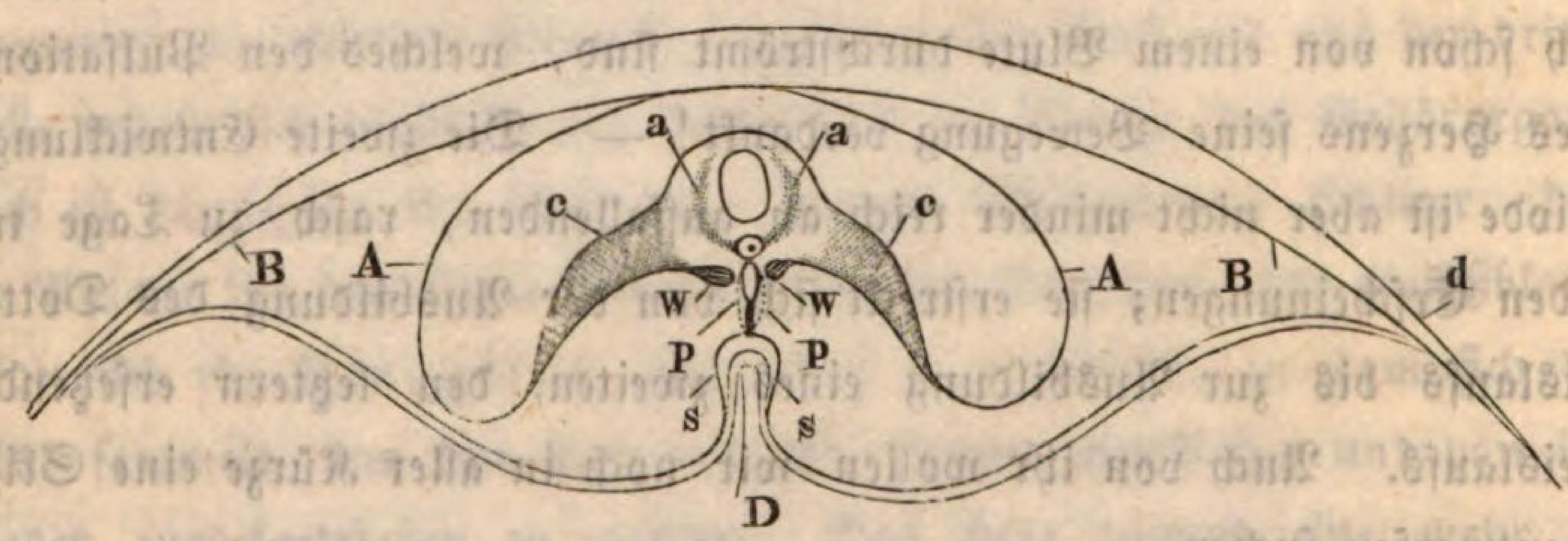
Beginnen wir wieder bei den Rückenplatten, so nehmen sie noch

---

*) Das bebrütete Ei von oben gesehen. Die Ausbildung des ersten sog. Dotterkreislaufs. — d d der Dotter. E der Embryo. a a die Dotterarterien. v v die Dottervenen. r r das Ringgefäß. (Nach Wagner's Icones physiologicae.)

fortwährend an Dicke zu, schließen sich immer weiter und mehr gegen den Kopf zu und lassen eine immer größere Anzahl Wirbelplättchen-Paare erkennen. Die Hüllen des Gehirns werden sichtbar und Hirn und Rückenmark schreiten in der eigenen Entwicklung bedeutend fort; so z. B. theilt sich das Rückenmark in seine Stränge, es entwickelt sich das kleine Gehirn in Form eines Wulstes über dem verlängerten Mark, die vordere Hirnzelle theilt sich der Länge nach in zwei Theile: die künftigen beiden großen Hirnhemisphären. Die einzelnen Theile des Auges bilden sich durch Einstülpung des vordern Theils der Augenzellen nach innen; das Gehörbläschen wächst nach vorn hin und steht durch einen Stiel mit dem verlängerten Mark in Verbindung. Höchst wichtig sind die gleichzeitig im Bereich der Bauchplatten vor sich gehenden Veränderungen. Um nämlich dem Darmrohr eine Befestigung zu geben an der vordern (untern) Seite des Rückgrats (die Stelle der Wirbelsaite), bildet sich zu beiden Seiten der Wirbelsaite ein aus der Vereinigung des animalen und Gefäßblattes entstehendes Blatt, die sog. G e k r ö s p l a t t e n (s. Fig. 103 p); diese drängen gewissermaaßen das Schleimblatt (Darmrohr) vor sich her, vereinigen sich dann aber, indem sie selbst in einem spitzen Winkel zusammentreten, mit demselben. Später verwachsen beide Gekrösplatten miteinander (s. den Anfang der Verwachsung in Fig. 106 p) und bilden nun das Aufhängeband des Darmrohrs. — Noch

Fig. 106.



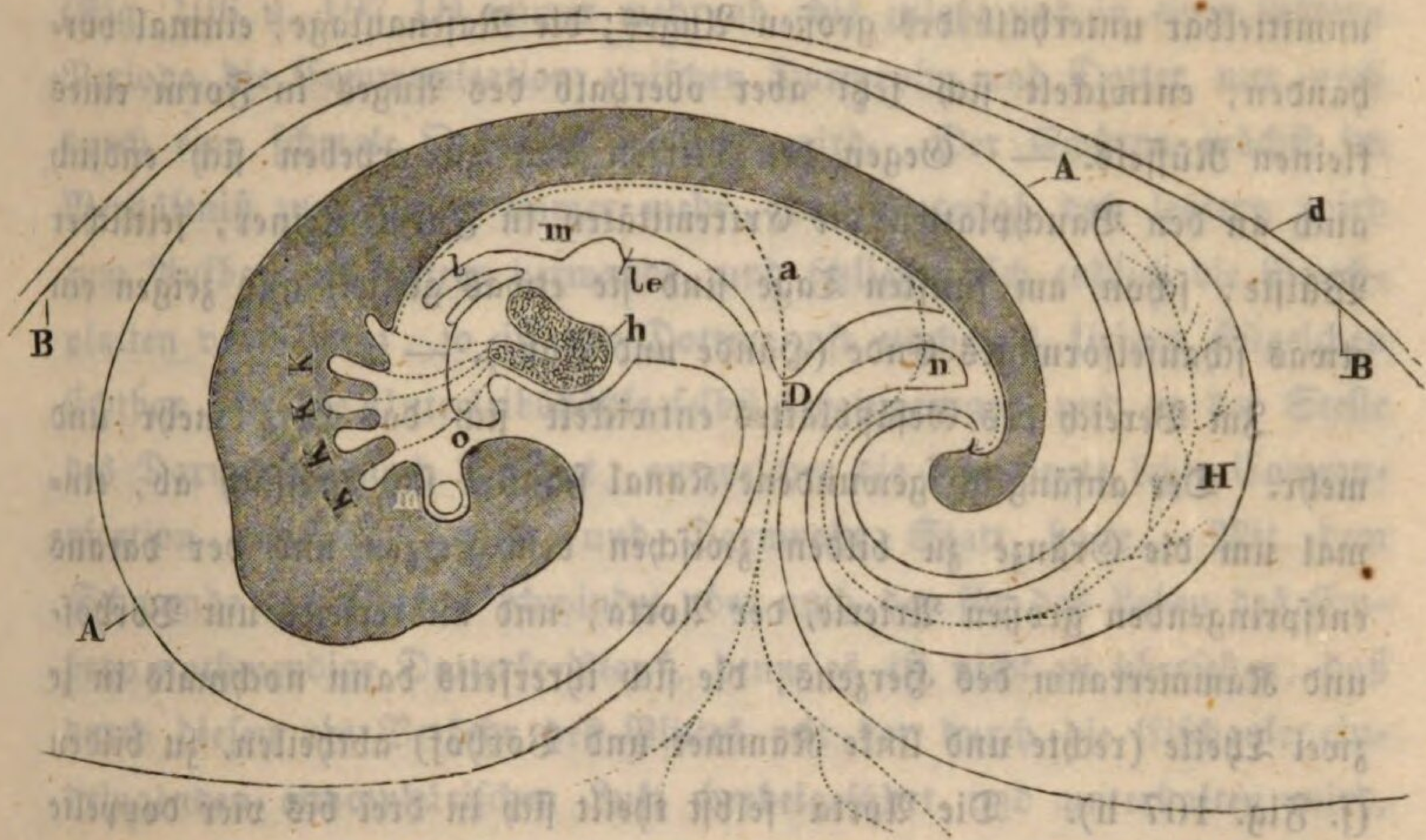
bedeutungsvoller sind die Vorgänge in dem Hals- oder Brusttheil der sich von beiden Seiten entgegenwachsenden Bauchplatten. Hier nämlich ver-

---

*) Bezeichnungen wie in Fig. 103. w W o l f f'sche Körper. s Seröse Hülle des Darmrohrs.

dünnen sich an einigen Stellen die Platten, es entstehen Lücken in ihnen, die zum Theil auch das Schleimblatt durchdringen, und die übrigbleibenden Theile stellen nun die sog. Kiemenbogen (Fig. 107 kkkk) dar.

Fig. 107. *)



Man sieht drei oder vier Paare solcher Bögen, und indem sich zwischen dem ersten derselben und der Kopfanlage ebenfalls ein Durchbruch, eine Lücke in den bisher noch continuirlich verlaufenden Blättern bildet, entsteht die Mundspalte (s. Fig. 105 u. 107 o), die zu dieser Zeit noch sehr groß ist. — Vereinigen sich nun später die sich einander gegenüberstehenden Bögen, so entsteht aus dem Zusammentritt des ersten Paares der Unterkiefer, aus dem des zweiten Paares das Zungenbein. Vor dem Unterkiefer bildet sich am dritten bis vierten Tage eine Verdickung in den Bauchplatten, aus welcher beiderseits eine Hälfte des Oberkiefers hervorgeht (Fig. 107 m). Diese Hälften wachsen, wie die Bauchplatten überall, einander entgegen, und vereinigen sich in der Mittellinie mit der von der Stirngegend zwischen beiden Augen herabwachsenden Nasenanlage. Daß dem so sei, geht insonderheit

---

*) d Dotterhaut. B Seröses Blatt. A Amnion. kkkk Kiemenbogen. o Mundspalte. l Lunge. m Magen. le Leber. h Herz. a Dotterarterie. n Nabelarterie, die sich auf H, dem Harnsack, verzweigt.

klar aus Mißbildungen hervor, denen man den Namen der Cyclopieen gegeben hat. Statt zweier seitlich gelegener Augen findet sich hier ein großes in der Mitte gelegenes Auge; dieses verhindert das Herabwachsen der Nasenanlage; die Oberkieferhälften verschmelzen deshalb unmittelbar unterhalb des großen Auges; die Nasenanlage, einmal vorhanden, entwickelt sich jetzt aber oberhalb des Auges in Form eines kleinen Rüssels. — Gegen den vierten Tag zu erheben sich endlich auch an den Bauchplatten die Extremitäten in Form kleiner, seitlicher Wülste; schon am fünften Tage sind sie etwas gestielt und zeigen ein etwas schaufelförmiges Ende (Hände und Füße). —

Im Bereich des Gefäßblattes entwickelt sich das Herz mehr und mehr. Der anfänglich gewundene Kanal schnürt sich dreifach ab, einmal um die Gränze zu bilden zwischen dem Herzen und der daraus entspringenden großen Arterie, der Aorta, und andrerseits um Vorhof- und Kammerraum des Herzens, die sich ihrerseits dann nochmals in je zwei Theile (rechte und linke Kammer und Vorhof) abtheilen, zu bilden (s. Fig. 107 h). Die Aorta selbst theilt sich in drei bis vier doppelte Bögen, die gegen die Kiemenspalten zulaufen, später zum Theil den großen Schlagadern des Halses, die das Blut zum Kopf führen sollen, ihre Entstehung geben, vor der Wirbelsäule aber wieder zu einem Stamme zusammenfließen. Von diesem aus sieht man jetzt sehr schön die beiden schon oben genannten Arterienzweige (die Dotterarterien Fig. 107 a) zu beiden Seiten des Embryo gegen das Ringgefäß des Dotterkreislaufs laufend, während vier Venenstämme, die sog. Dottervenen das Blut aus dem Ringgefäß in den Vorkammerraum des Herzens zurückbringen. Weiter gegen das Schwanzende des Embryo zu theilt sich aber die Aorta alsbald noch einmal, um die beiden Nabelarterien (Fig. 107 n) zu bilden, die sich auf dem sogleich zu beschreibenden Harnsack verzweigen.

Es bildet sich dieser von dem Schleimblatt aus, an dem in dieser Periode die Anlage der meisten innern Organe (Respirations- und Verdauungsorgane) sichtbar wird. Wir sahen oben die sog. Gekrösplatten von der Wirbelsäule aus gegen das Darmrohr zu wachsen, um demselben ein Aufhängeband zu werden; im weitern Wachsthum legen sich diese Platten als feine Haut auch um das Darmrohr selbst, um

seine spätere glatte seröse Umhüllung, (Fig. 106 ss) zu bilden. Gleichzeitig haben wir uns aber daran zu erinnern, daß die Bauchplatten immer mehr nach vorn zu convergiren, dadurch schnüren sie das nach unten noch ganz offen auf dem Dotter aufliegende Darmrohr (Fig. 106 u. 107 D) immer mehr ab, bis zuletzt und in einer spätern Periode die Communication zwischen Darmrohr und Dotter nur noch durch eine schmale Oeffnung erhalten wird. Der Embryo wächst im Verhältniß zum Dotter immer mehr, das Material des letztern wird zum Aufbau des erstern verwandt, und schließen sich endlich die Bauchplatten vorn ganz, so ist der Dotter, oft noch als kleines Kügelchen sichtbar, in die Unterleibshöhle selbst hineingezogen und an der Stelle des Darmrohrs noch befestigt, an welcher die bezeichnete letzte Communication zwischen Dotter und Darmrohr Statt hatte. Mit dem Schwunde des Dotters schwindet aber auch der für das Leben des Embryo nothwendige Dotterkreislauf, denn es ist nicht zu übersehen, daß durch diesen ein Verkehr des Blutes mit der durch die Eischaale eindringenden atmosphärischen Luft herbeigeführt und unterhalten wird, daß der Dotterkreislauf für den Embryo dasjenige ist, was der Kreislauf des Blutes in der athmenden Lunge des lebenden Thieres. Deshalb mußte für ein anderes provisorisches Organ zur Vermittlung des Verkehrs zwischen Blut und atmosphärischer Luft gesorgt werden; und dieses Organ ist der oben erwähnte Harnsack (Allantoïs) (s. Fig. 104 u. 107 H). Dieses Organ ist in der That nur eine sackförmige Ausstülpung des Darmrohrs, die von der Mitte desselben zwischen Dottergang und Schwanzende hervortritt, sehr rasch wächst und bald außerhalb des Amnion (Fig. 106 u. 107 A), zwischen ihm und der zweiten äußersten oben (S. 32) bezeichneten serösen Hülle (Fig. 106 u. 107 B) den ganzen Embryo umwächst, so daß derselbe von seinem Amnion umkleidet, zugleich in der gedoppelten Hülle des Harnsacks ruht. Auf diesem Sack verbreiten sich nun auch eben so rasch, als er wächst, die oben angedeuteten Verzweigungen der Aorta, die sog. Nabelarterien, sie bilden ein feines Netz, dessen Blut sich endlich wieder, rückwärts fließend, in einem größern Gefäß, der Nabelvene, sammelt. Diese führt das mit der Luft in Contact gewesene Blut dem Embryo wieder zu, läuft in einer Furche der Leber zur untern Hohl-

vene, und so zum Herzen zurück. — Während dieser Bildungsacte entwickeln sich gleichzeitig die innern Organe. Am vordern Theile des Darmrohrs bemerkt man zwei beutelartige Hervortreibungen, die Rudimente der künftigen Lunge (Fig. 107 l); weiter nach unten erweitert sich das Darmrohr etwas, um den Magen zu bilden (Fig. 107 m); neben und unter dieser Anschwellung erscheinen zwei Ausbuchtungen als Rudimente der Leber (Fig. 107 le), später ein kleines Höckerchen als Anlage der Bauchspeicheldrüse und ein blutrothes Körperchen als Milzrudiment. Zwischen Darmrohr und Wirbelsäule, zur Seite der oben beschriebenen Gekröseplatten, entwickeln sich aber zunächst die später wieder verschwindenden sog. Wolff'schen Körper oder Primordialnieren (Fig. 106 ww), neben denen man am sechsten bis siebenten Tage die Rudimente der wirklichen Nieren und der innern keimbereitenden Geschlechtsorgane erkennen kann.

So ist binnen fünf bis sechs Tagen die Anlage aller Hauptorgane des Hühnchens gegeben. So kurz die gegebene Skizze auch ist, sie wird einen Jeden in den Stand setzen, sich einen Begriff von dem Entwicklungsvorgange des thierischen Organismus zu machen und darauf nur konnte es hier ankommen. Drei Blätter (Zellenlagen) haben wir uns als Theile des Keimes anfänglich auf dem Dotter übereinanderliegend zu denken. Das oberste derselben, das sog. animale Blatt, wächst in Form einer oben und unten offenen 8, also in Form eines 8, nach oben und unten, um sich später oben zum Wirbelkanal, unten zur Brust- und Bauchhöhle zu schließen. Der nach unten wachsende Theil schnürt aber eben durch sein Nachuntenwachsen die zwei untern Blätter, das sog. Gefäß- und vegetative Blatt, immer mehr ein und vom Dotter ab, und während sich im ersten derselben Herz und große Gefäße, später Wolff'sche Körper und Nieren entwickeln, gestaltet sich das letzte schließlich zu einem Rohre, dem Darmrohre, aus dessen Seiten der Reihe nach Speicheldrüsen, Lungen, Leber, Bauchspeicheldrüsen und Milz hervorwuchern und das an seinem vordern und hintern Ende einen Durchbruch erleidet, um mit einer Mundspalte und einer untern Oeffnung des Darmkanals versehen zu werden. — Weiter können wir uns hier auf die Entwicklungsgeschichte des Wirbelthieres nicht einlassen. Wer sich näher damit beschäftigen will, der findet in Wagner's Lehrbuch der Physio-

logie 1843. eine sehr klare Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Hühnchens, in Bischoff's verschiedenen Werken ausgezeichnete Darstellungen von der Entwicklung der Säugethiere, insonderheit des Kaninchens und Hundes; insonderheit aber auch in Bergmann's und Leuckart's mehrerwähntem Werke eine allgemeine treffliche Darstellung der Fortpflanzungs- und Entwicklungs-Verhältnisse im Thierreich. —

Keineswegs ist nun aber der hier geschilderte Entwicklungsvorgang eines Wirbelthiers, und zwar eines Vogels, bei allen Thieren derselbe. Die embryologischen Forschungen, die, fast ganz und gar den letzten beiden Jahrzehnden angehörig, wenn auch noch lange nicht abgeschlossen, sich doch schon über einen sehr großen Theil des weiten Gebietes erstrecken, haben uns vielmehr gelehrt, daß „eine Einheit des Planes in der Entwicklung der verschiedenen Thiere" nicht besteht, daß sich im Gegentheil die typische Verschiedenheit der Thierformen auch schon in der ersten Bildung derselben ausspricht. Die frühere, ungenaue Kenntniß der Entwicklungsgeschichte höherer und niederer Thiere verleitete ältere Naturforscher zu der Annahme, daß das höher entwickelte Thier während seiner Entwicklung selbst die einzelnen Formen niederer Thiere durchlaufe, auf seiner ersten Stufe also etwa einem Weichthiere, dann einem Gliederthiere, dann einem Fisch, einem Amphibium, einem Vogel gleiche und endlich erst die charakteristische Gestalt des Säugethieres annehme. Die ganze Thierreihe sollte so gewissermaaßen nur Hemmungsbildungen, d. h. unvollkommene Bildungsstufen des Säugethieres darstellen. Allein längst schon hat der Ausbau der Embryologie solchen Vorstellungen den Boden entzogen, und ob sich auch in den frühen Entwicklungsperioden näher verwandter Thiere manche Aehnlichkeiten auffinden lassen, ob die erste Embryonalanlage des Vogels auch die größte Aehnlichkeit hat mit der des Säugethieres, die Hauptclassen des Thierreichs sind schon von ihren ersten und zartesten Anfängen an weit von einander verschieden und die Unterabtheilungen werden es ebenso sein, nur daß wir hier in den ersten Stadien der Entwicklung die Differenz nicht mit gleicher Schärfe zu entdecken vermögen, wie in den spätern. Nur in aller Kürze wollen wir dies durch Mittheilung einiger Ergebnisse der embryologischen Forschung darzuthun versuchen. —

Vom ersten Anfang an different sind die Entwicklungserscheinungen der Wirbelthiere und der Wirbellosen. Niemals zeigt die erste Anlage des Körpers der letztern jene Primitivrinne, welche wir bei dem Hühnchen als die erste Anlage des zukünftigen Rückenmarkskanals kennen lernten; nur die Wirbelthiere sollten ja mit einer Wirbelsäule und einem Rückenmarkskanale versehen sein, die Wirbellosen bedurften deshalb auch nicht der Anlage desselben. — Die Wirbelthiere zerfallen in die vier Classen der Säugethiere, Vögel, Amphibien und Fische. Bei allen diesen zeigt sich in der ersten Entwicklung allerdings manche Aehnlichkeit, bei allen entwickeln sich z. B. die Primitivrinne, die Rückenplatten u. s. w. Dennoch aber existiren auch hier manche Verschiedenheiten, wenn sich dieselben zunächst auch weniger auf den Körper des Embryo selbst, als auf diejenigen Vorrichtungen erstrecken, welche dazu dienen, dem Aufbau desselben das erforderliche Material zu sichern, den Stoffwechsel in den zarten Gebilden einzuleiten und dieselben gegen gewisse Einflüsse zu schirmen. So bildet sich wohl bei Säugethieren, Vögeln und beschuppten Amphibien, nicht aber bei den nackten Amphibien und Fischen die oben erwähnte, dem Embryo zum Schutze dienende Eihaut (Amnion) und namentlich nicht der sog. Harnsack (die Allantoïs). Die Säugethiere ferner sind dadurch von allen andern Thieren verschieden, daß sich aus den durch den Furchungsproceß des Dotters gewonnenen Zellen nicht sofort der Embryo selbst, sondern zunächst eine den Dotter umhüllende und ihn später in gewisser Hinsicht ersetzende geschlossene Blase, die sog. Keimblase entwickelt. Erst auf dieser Keimblase entwickelt sich dann der neue Organismus. Bei der bedeutenden Kleinheit des Säugethiereies war diese Einrichtung nothwendig, wenn anders für die Bildung des neuen Organismus kein Mangel an Material eintreten sollte. Die Dottermasse genügt hier kaum für die allerersten Anlagen des Embryo; die Keimblase vermag aber auf endosmotischem Wege die nöthige Menge von Bildungssubstanz aus der Umgebung, in welcher sie eingebettet ist, aufzunehmen und sichert damit das Vorhandensein einer solchen für den zu bildenden Organismus so lange, bis eine anderweitige Zufuhr von Nahrungsmaterial (durch die Nabelgefäße) in's Werk gesetzt ist. Eine weitere Differenz zeigt sich darin, daß bei den meisten Fischen und nackten Amphibien die Bauch-

platten den ganzen Dotter umwachsen, während sich der Embryo bei den beschuppten Amphibien, den Vögeln und Säugethieren von demselben abschnürt. Die wirbellosen Thiere theilten wir ein in die vier Classen der Gliederthiere, Weichthiere, Strahlthiere und Infusorien. Auch hier wieder kommen, abgesehen von den letztern, die sich der Mehrzahl nach durch Keimkörner, Knospen oder Theilung fortpflanzen, Verschiedenheiten vor, Verschiedenheiten, welche oft fast eben so bedeutend sind, wie diejenigen zwischen den Wirbelthieren und Wirbellosen. Bei den Gliederthieren geht die Entwicklung des Körpers noch von einer beschränkten Stelle, einem sog. Primitivstreifen, aus, ähnlich wie bei den Wirbelthieren. Allein diese erste Embryonalanlage bildet keine Rinne, sie ist ferner nicht, wie bei jenen, die erste Anlage des Rückentheils des sich bildenden Organismus; es ist vielmehr die erste Anlage der Bauchseite, welche dem Dotter aufliegt. Von ihr aus wachsen zu beiden Seiten und nach unten hin, den Dotter umschließend, die in einzelne Segmente zerfallenden Körperwände, die endlich in der Medianlinie des Rückens verschmelzen, hervor; nach der entgegengesetzten Seite hin entwickeln sich aus einer Reihe von anfänglichen kleinen Wärzchen die einzelnen Anhänge der Segmente (die Fühlfäden, Freßwerkzeuge, Extremitäten u. s. w.). — Bei den Weichthieren machen die Kopffüßler eine wesentliche Ausnahme von den Uebrigen. Sie entwickeln sich wie die Vögel und Säugethiere, dem Dotter aufliegend und nach und nach sich von demselben abschnürend, unterscheiden sich also von den Gliederthieren wesentlich dadurch, daß sie den Dotter nicht umwachsen. Doch nirgends ist hier von einer Primitivrinne, der Anlage einer Rückgratshöhle, wie bei jenen erstern, die Rede. Bei Schnecken und andern Mollusken ist der Primitivtheil nicht, wie sonst, eine zusammenhängende Masse, sondern in eine Anzahl kleinerer Bildungsheerde zerfallen, die an verschiedenen Stellen des Keimes vertheilt sind und erst im Laufe der Entwicklung allmählig verschmelzen.*) Bei den Strahlthieren endlich (und so auch bei den meisten Würmern) ist die Entwicklung eine allseitige, d. h. der Embryo entsteht mit seiner ganzen Leibesoberfläche auf einmal. „Der Keim verliert seine ursprüngliche, sphärische Form; er

*) Vgl. Leuckart in Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie. S. 934.

nimmt durch Abplattung oder Längsstreckung, wie es die spätern Verhältnisse verlangen, eine scheibenförmige oder cylindrische Gestalt an; die peripherische Keimschicht verwandelt sich in die Wandungen des Leibes, die centrale Keimmasse, die den Veränderungen der äußern Form gefolgt ist, in den Darmkanal — und ein neues Geschöpf hat seinen Ursprung genommen."

So differiren die Entwicklungsphasen bei den verschiedenen, aus Eiern hervorgehenden Thieren auf das Mannigfachste; den bestimmten spätern Bildungstypen entsprechen auch bestimmte Entwicklungsweisen. Jede Thiergattung wird nach einem besondern Bauplan gebildet und ein näherer Verfolg dieser vielfach verschiedenen Pläne lehrt uns nur zu leicht, wie unrichtig es sein würde, bei allen Thieren, die sich aus Eiern entwickeln, einen gleichartigen Entwicklungsgang anzunehmen. —

Wir haben damit die verschiedenen Fortpflanzungs- und Vermehrungsarten im Thierreich, und zugleich im oberflächlichen Abriß die wunderbare Entwicklung des höhern Wirbelthieres angedeutet. Aus Eiern einerseits, aus Keimzellen, Knospen oder Theilhälften andrerseits gehen ständig neue Generationen von Thieren hervor; jene Art der Vermehrung finden wir bei den Wirbelthieren als die einzige, bei den Wirbellosen als die vorherrschende, dieser begegnen wir bei vielen Wirbellosen bis zu den Gliederthieren hinauf, bei den Infusorien als der ausschließlichen. Dürfen wir es schon wagen, nach dem Zwecke dieser verschiedenen Einrichtungen zu fragen? — Bei einem Blick auf die verschiedenartigen Thierformen kann es uns in der That nicht entgehen, daß die höher entwickelten auch durchgehends die dauerhaftesten, die niedern dagegen die rasch vergänglichsten, von den äußern Verhältnissen abhängigsten sind. Es mußte deshalb auch bei den letztern vorzugsweise für eine möglichst reiche Nachkommenschaft gesorgt werden, wenn anders ihre Existenz für den Naturhaushalt eine nothwendige war, und in der That sehen wir auch die Nachkommenschaft immer zahlreicher, die Fruchtbarkeit immer größer werden, je weiter wir in der Thierreihe hinabsteigen. Während unter den Säugethieren mehre jährlich nur ein Junges, der Elephant selbst nur alle drei bis vier Jahre ein solches producirt, beträgt die geringste Zahl der Eier, die ein Vogel legt, al-

jährlich zwei (beim Condor), steigt aber schon über hundert in derselben Zeit bei dem Haushuhn. Während bei den Amphibien die Zahl der Jungen oder der Eier jährlich selten weniger als sechs beträgt, sich bei dem Frosch aber schon auf 2500—3800 Eier beläuft, giebt es Fische, die 3 Millionen Eier produciren, und bei wenigen eierlegenden Fischen möchte sich die Zahl derselben unter zweihundert belaufen. Der Seidenschmetterling legt jährlich 300—400 Eier, der Flußkrebs 200, die Honigbiene 6—10,000; die Gartenschnecke 30—70, die Auster dagegen etwa 1 Million. Unter den Würmern und Strahlthieren finden wir ebenfalls viele mit einer Million jährlich producirter Eier und fragen wir endlich nach den Infusorien, so wissen wir schon, daß sich die Nachkommenschaft eines einzigen in wenigen Tagen auf Billionen belaufen kann. *) So lange es irgend mit den Anforderungen des Naturhaushaltes verträglich war, hielt die Natur an der Fortpflanzung durch Eier fest, ja sie vertheilte selbst die zur Entstehung eines neuen Organismus erforderlichen Bedingungen auf zwei Individuen, um, wie Bergmann (a. a. O.) vermuthet, durch Verbindung von Paaren nach freier Wahl der Ausartung der Individuen vorzubeugen; sobald jedoch jene Anforderungen die Leistungsfähigkeit der Individuen übertrafen, griff sie zu neuen Vermehrungsarten, vereinigte zunächst beide Geschlechter in einem Individuum (bei den sog. Hermaphroditen), und wählte endlich die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Keimzellen, Knospen oder Theilung als das dem Zweck entsprechende Mittel. Mit großem Rechte hebt Leuckart in seinen trefflichen Arbeiten es hervor, daß die ungeschlechtliche Fortpflanzung weniger materielle Ansprüche macht, als die geschlechtliche, daß sich mit ihr also auch der Vortheil einer größern Nachkommenschaft verbindet. Fügen wir noch hinzu, daß durch sie gleichzeitig in kürzerer Frist einem neuem Wesen das Dasein gegeben wird. So wenig erkannt auch Manches in dieser Beziehung noch sein mag, es scheint, daß ein Zweck der verschiedenen Vermehrungsarten dennoch klar ist.

Noch augenfälliger tritt uns dieses Verhältniß entgegen, wenn wir

---

*) Vgl. die Zahlenangaben von Leuckart, a. a. O. in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. S. 710.

erfahren, daß es Thiere giebt, in welchen beide Vermehrungsarten verbunden sind, so daß sich eine Generation durch Eier, die nächstfolgende durch Keimzellen oder Knospen, und die dritte oder vierte erst wieder durch Eier fortpflanzt, oder wenn wir hören, daß Thiere, bevor sie zur Geschlechtsreife gelangen, gewisse Metamorphosen durchlaufen, wie wir sie an den Insekten kennen. In beiden Fällen genügte das in der Mutter zum Aufbau einer hinreichenden Anzahl neuer Organismen disponible Material nicht, um diese Organismen zu einer, eine Geschlechtsreife bedingenden Entwicklung hinzuführen. Sie mußten, um dahin zu gelangen, erst Zwischenstufen, die oftmals noch zur Vermehrung der Individuen dienen konnten, im Allgemeinen aber nur der weitern Ausbildung des jungen Thieres gelten sollten, durchlaufen, und solche Zwischenstufen erkennen wir in den angegebenen Metamorphosen oder Entwicklungskreisen einzelner Thierformen.

Fassen wir diese letztern einen Augenblick näher in's Auge, so haben wir diejenigen interessanten Erscheinungen vor uns, welche man unter der Bezeichnung des Generationswechsels zusammengefaßt hat, Erscheinungen, deren genaue Erkenntniß lediglich eine Errungenschaft der letzten Decennien ist, und deren Gesetzmäßigkeit uns zuerst von dem dänischen Naturforscher Steenstrup in einer Schrift „Ueber den Generationswechsel" im Jahre 1842 enthüllt wurde. Ihr Wesen besteht, wie schon angedeutet, im Allgemeinen darin, daß aus den Eiern gewisser Thiere eine Brut hervorgeht, welche sich nicht wieder durch Eier, sondern durch Keimzellen oder Knospen vermehrt, und daß sich erst in den aus diesen letztern entwickelten Thierformen wieder Eier bilden, die den Großeltern ähnliche Geschöpfe hervorbringen. Und, wunderbar genug, beide Generationen sind dabei oft in Gestalt und allgemeinem Verhalten so verschieden, daß es nur zu leicht begreiflich ist, wie man sie früher für ganz verschiedene Thiere halten konnte. Ein Beispiel dieses Generationswechsels fanden wir schon oben (S. 22) bei den Medusen (Scheibenquallen), aus deren Eiern nicht wieder Medusen, sondern Polypen hervorgingen, die nun wieder nicht Polypen, sondern Medusen hervorbrachten, und zwar nicht durch Eier, sondern durch Knospen. Das Großkind erst gleicht hier also der Großmutter, zwischen beiden existirt ein ganz andres Geschöpf, dem man bezeichnend

in diesem Falle den Namen der „Amme" gegeben hat. — Ein andres Beispiel liefern die Blattläuse. Diese Thiere erlangen nur in der Herbstzeit eine derartige Geschlechtsreife, daß sie Eier legen, nur in dieser Zeit findet sich eine Generation männlicher und weiblicher Individuen beisammen. Die von letztern gelegten Eier überwintern. Aus ihnen geht dann aber eine Brut hervor, die keine Geschlechtsreife erreicht, die sich vielmehr durch Keimkörner fortpflanzt, also lebendige Junge gebiert (s. o.); dieser Brut folgen im Laufe des Sommers viele ähnliche, eine Generation folgt der andern, bis endlich bei einer Brut in den Herbstmonaten die Geschlechtsreife wieder eintritt. — Ein noch merkwürdigeres Beispiel bieten die Bandwürmer dar, über deren wunderbaren Entwicklungskreis uns neuerdings die unermüdlichen Forschungen Küchenmeister's die interessantesten Aufschlüsse gegeben haben. Aus den in den hermaphroditischen sog. Gliedern der Bandwurmkette entstehenden Eiern gehen zunächst polypenförmige Larven hervor. Diese verlassen, stets noch von der Eihülle umgeben, den Darm ihrer Wohnthiere, verweilen längere oder kürzere Zeit im Freien, gehen von dort aber mit Nahrungsmitteln oder Trinkwasser in den Körper andrer Thiere (namentlich niederer Thiere, aber auch der Ratten, Haasen, Kaninchen, Schweine u. s. w.) über. In dem Darmkanal dieser angelangt, schlüpfen sie aus ihren Eihüllen aus, bohren sich bald nach dieser, bald nach jener Richtung durch die Darmwände hindurch, um sich endlich in irgend einem Organe festzusetzen und hier mit einer Hülle (Cyste) umgeben zu werden. Jetzt erleidet die Larve eine Metamorphose, und das Resultat derselben ist das, daß sich aus ihr eine andre Larve oder Finne, eine Larve, die ganz dem sog. Kopfe des Bandwurms gleicht und ihn auch in der That zu bilden bestimmt ist, entwickelt. Werden diese Larven nun mit dem Fleische des Wohnthieres verschluckt und finden sie, was meistens nur bei den höhern Wirbelthieren der Fall ist, einen ihrer Entwicklung günstigen Boden, so beginnt eine neue Phase des Entwicklungskreises. Die Finne nämlich, ihrer Umhüllung entkleidet, zeugt eine Brut; nicht aber durch Eier oder durch Keimzellen, sondern durch Knospen. An dem hintern Theile ihres Körpers bildet sich eine Abschnürung nach der andern, und alle diese Abschnürungen, diese Knospen entwickeln sich zu besondern Individuen; sie sind es, die,

mit einander in Verbindung bleibend, eine wahre Thiercolonie, die sog. Bandwurmkette, darstellen; ihre gemeinsame Mutter (Amme) ist die frühere Finne, der sog. Kopf des Wurmes. Und was die Amme nicht erreichte, erreichen jetzt sie, in einem jeden Gliede der Kette entwickeln sich Eier. Von ihnen aus nimmt der Entwicklungskreis von Neuem seinen Anfang. Trotz der großen Anzahl von Eiern, die die vielen Individuen eines einzigen Bandwurms erzeugen, werden verhältnißmäßig immer nur wenige den Entwicklungskreis vollenden, da sie sobald sie das Wohnthier verlassen haben, zu vielen Gefahren ausgesetzt sind und ihre Weiterentwicklung von zu vielen Zufälligkeiten abhängt, als daß nicht immer eine große Anzahl untergehen müßte; durch die Zuhülfenahme einer Metamorphose und einer ungeschlechtlichen Vermehrung, einer Knospung, ist aber dennoch die Existenz sicher gestellt, beide wirken auf die Produktion zahlloser Nachkommenschaften hin. —

Wesen und Bedeutung des Generationswechsels werden darnach einem Jeden verständlich sein. Bietet sich uns in der Metamorphose der Insekten aber nicht ganz etwas Aehnliches dar? In der That läßt sich in den verschiedenen Entwicklungsstufen des eierlegenden Insekts vom Eie zur Raupe, von der Raupe zur Puppe, von der Puppe zum Insekt ebenfalls oft kein andrer Zweck erkennen, als der, das aus dem Eie entstandene Geschöpf zu noch immer höherer Entwicklung und schließlich zu einer zur Produktion vieler Eier genügenden Geschlechtsreife hinzuführen. Der Vorgang der „Metamorphose“ unterscheidet sich nur dadurch von dem Generationswechsel, daß, was dort an demselben Individuum zur Ausführung kommt, bei dem letztern nur durch mehre und oftmals ganz verschiedene Generationen erreicht wird.

So hat die Natur überall den Anforderungen des Naturhaushaltes in reichstem Maaße zu genügen gesucht. Zwar nicht vor Feststellung einer Masse von einzelnen Thatsachen darf die Naturforschung zu allgemeinern Abstractionen übergehen; aber dennoch ist es wohl erlaubt nach Einsammlung auch einiger solcher Thatsachen den Versuch einer Ergründung des tiefern Zusammenhangs des Geschehens zu wagen, und ein solcher Versuch verleiht dem Studium der Vermehrungs- und Entwicklungsarten der Thiere einen so besondern Reiz, daß wir auch hier derjenigen Anschauungen zu gedenken nicht unterlassen konnten, welche

in neuerer Zeit von den Führern der Wissenschaft auf diesem Gebiete mit so vielem Glücke errungen sind.

Was wir aber im Vorstehenden in Betreff der Entwicklung des thierischen Organismus selbst mitgetheilt haben, wird in gleicher Weise, wie früher eine flüchtige Skizze des Entwicklungsganges unseres Erdkörpers den gesammten Betrachtungen des organischen Geschehens der Gegenwart, so unsern folgenden Betrachtungen des thierischen Lebens eine Grundlage sein. Wir wollen untersuchen, zu welchen Formen sich die einzelnen Theile des zarten Keimes weiterhin entwickeln, welchen Zwecken zu dienen sie bestimmt sind. Mit dem Gedanken der innigsten Verschlingung und des untrennbarsten Zusammenhanges all' dieser Theile hat uns unwillkürlich die obige Skizze schon vertraut gemacht, und je weiter wir in der Erkenntniß der Lebenserscheinungen des vollendeten Organismus vorschreiten, um so mehr werden wir nur von dem steten Fortbestande dieser engsten Verkettung überzeugt. Halten wir das im Gedächtniß, wenn uns die Fülle des Materials nöthigt, in unserer folgenden Darstellung zu trennen, was die Natur untrennbar zusammengefügt hat. —

in neuerer Zeit von den Förderern der Wissenschaft auf diesem Gebiete mit so vielem Glücke errungen sind.

Was wir aber im Vorstehenden in Betreff der Entwicklung des thierischen Organismus selbst mitgetheilt haben, wird in gleicher Weise, wie früher eine flüchtige Skizze des Entwicklungsganges unseres Erdkörpers den gesammten Betrachtungen des organischen Geschehens der Gegenwart, so unsern folgenden Betrachtungen des thierischen Lebens eine Grundlage sein. Wir wollen untersuchen, zu welchen Formen sich die einzelnen Theile des zarten Keimes weiterhin entwickeln, welchen Zwecken zu dienen sie bestimmt sind. Mit dem Gedanken der innigsten Verschlingung und des untrennbaren Zusammenhanges all' dieser Theile hat uns unwillkürlich die obige Skizze schon vertraut gemacht, und je weiter wir in der Erkenntniß der Lebenserscheinungen des vollendeten Organismus vorschreiten, um so mehr werden wir uns von dem steten Fortbestande dieser engsten Verkettung überzeugt. Halten wir das im Gedächtniß, wenn uns die Fülle des Materials nöthigt, in unserer folgenden Darstellung zu trennen, was die Natur untrennbar zusammengefügt hat. —

Der innere Bau und das Leben des Thieres.

I. Bau und Verrichtungen der Apparate des animalen Lebens.

Zehnter Vortrag.

Der Bau und die wesentlichsten Verrichtungen des Nervensystems.

Schon in den frühesten Stadien der Entwicklung des höhern thierischen Organismus sahen wir die für seinen Aufbau bestimmten Zellen sich ohne Einbuße ihres gemeinsamen Verbandes in enger zusammengehörige Gruppen sondern: in das sog. vegetative, das Gefäß- und das animale Blatt. In Folge ständiger Zellenvermehrung und fortschreitender Differenziirung der urspünglich gleichartigen Elementarbestandtheile entwickelten sich von jedem dieser Blätter aus wieder enger zusammengehörige Zellencomplexe: die einzelnen Organe des Thierkörpers. Das Wachsthum derselben schreitet fort und fort; und haben sie endlich einen bestimmten Grad der Ausbildung erreicht, so beginnt das selbständige Leben. Vermöge des engen Verbandes und des harmonischen Zusammenwirkens seiner einzelnen Theile ist der Organismus jetzt fähig, den Angriffen der Außenwelt Stand zu halten und dasjenige zu leisten, wozu er zunächst bestimmt ist. Ein Theil jener Zellencomplexe oder Organe dient jetzt der Aufnahme von Nahrungsmitteln, der ersten Metamorphose derselben, der Zubereitung des Nahrungssaftes, der Fortbewegung und Verbreitung desselben durch alle Theile des Organismus, so wie endlich der Ausscheidung des für die Oeconomie Unbrauchbaren; — es entwickelten sich diese Organe aus dem vegetativen und dem Gefäßblatt, und wir bezeichnen sie als die Organe des vegetativen Lebens. Eine andere Anzahl vermittelt diejenigen Lebenserscheinungen, welche uns bei dem ersten Blick auf die dem unbewaffneten Auge sichtbare Thierwelt als die auffallendsten entgegentreten und welche wir im vorhergehenden Vortrage als für dieselbe charakteristisch bezeichneten; — es entwickelten sich diese Organe aus

dem animalen Blatt und man faßt sie unter dem Ausdruck der Organe des animalen Lebens zusammen. Es gehören hierher die Knochen, die Muskeln, die Haut, die Sinnesorgane und vor Allem das Nervensystem, Organe von denen sich zum größten Theil in der Pflanze auch nicht einmal eine Andeutung findet. —

Bei der engen Verkettung und gegenseitigen Abhängigkeit all' dieser einzelnen Organe ist es nicht leicht zu entscheiden, wohin man zunächst den Blick dessen wenden soll, der mit dem Bau und den Lebenserscheinungen des Thieres bekannt zu werden wünscht. Muß aber einmal und irgendwo der Anfang doch gemacht werden, so scheint es am zweckmäßigsten mit jenem Apparate zu beginnen, der das Thier recht eigentlich zum Thiere stempelt, der für den Bestand des thierischen Lebens eine insonderheit hohe Bedeutung besitzt, und dieser Apparat ist das Nervensystem. Selbst zwar abhängig in seiner Entwicklung und Erhaltung von der Thätigkeit der übrigen Organe, übt es dennoch auf die Functionen aller einen mehr oder weniger bestimmenden Einfluß aus; weder Aufnahme und Verdauung der Nahrungsmittel, noch Cirkulation des Nahrungssaftes, weder Respiration, noch Ausscheidung unbrauchbarer Stoffe würden ohne seine Mitwirkung erfolgen. Und nimmt es hier empfindend äußere oder innere Eindrücke auf, vermittelt es dort die Bewegung, ist es hier der die instinktiven Thätigkeiten vermittelnde Apparat, wird es dort zum Organe der geistigen Bewegungen, so ist es damit die Quelle der wesentlichsten Erscheinungen des Thierlebens, Gründe genug schon, um seiner Betrachtung den ersten Platz einzuräumen. — Wir übersehen es dabei nicht, daß die Dignität des Nervensystems gegenüber den übrigen Organen eine verschiedene ist, je nach der Aufgabe, welche das Thier als Lebensform überhaupt überkommen hat. Eine große Anzahl niederer Thiere hat scheinbar nur die Aufgabe, durch seinen Stoffwechsel dem Haushalt der Natur zu dienen; das Nervensystem dient hier nur dazu, die Thätigkeit der zu jenem Zweck erforderlichen Organe zu vermitteln, es spielt den letztern gegenüber, wenn nicht eine untergeordnete, doch keine hervorragende Rolle. Aber es beeinträchtigt das nicht unsre vorangestellte Bemerkung, und wenn wir überlegen, daß je höher wir in der Thierreihe hinaufsteigen, um so mehr auch das Thier zu ander-

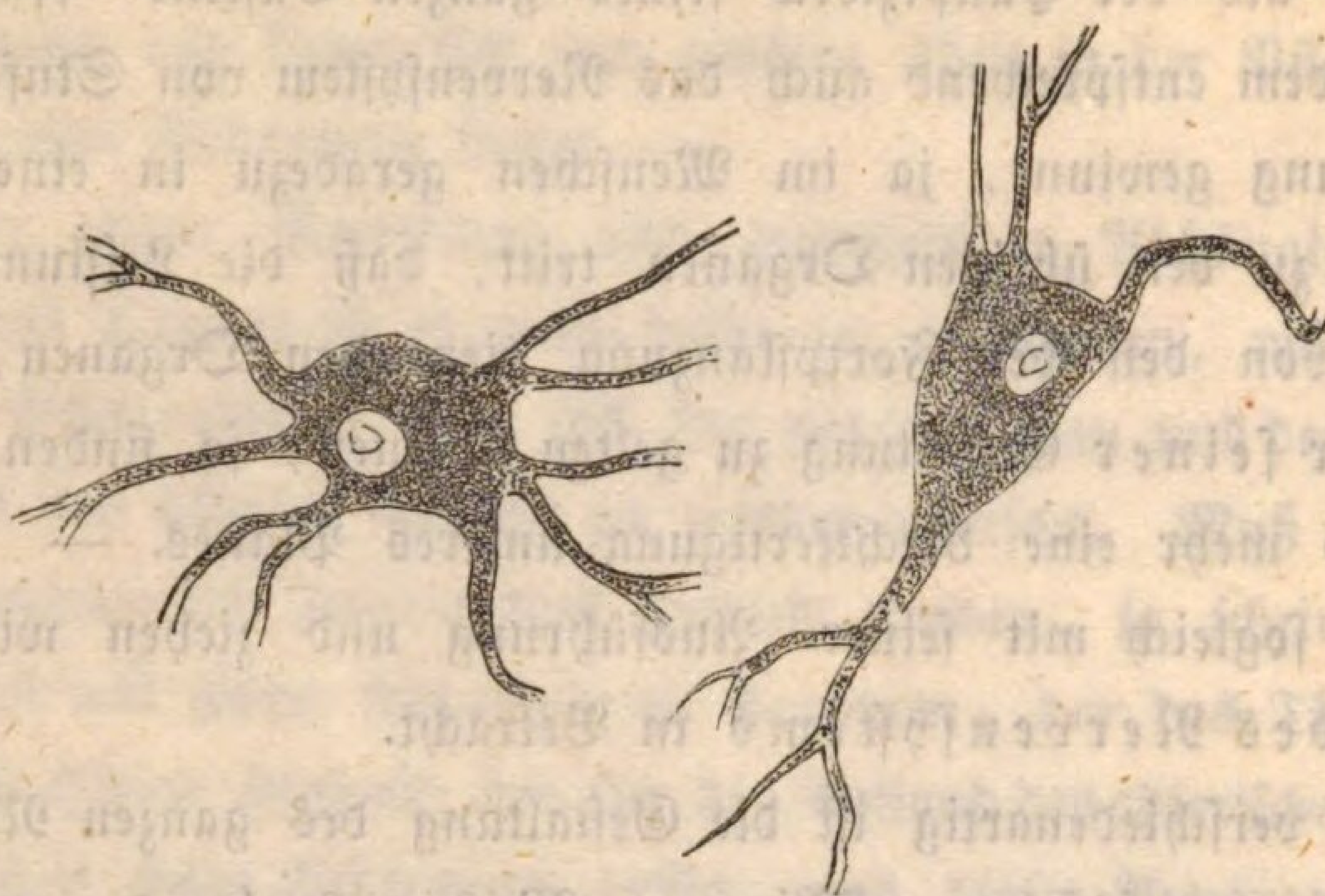
weitigen Leistungen befähigt ist, um so mehr sich das animale Leben dem vegetativen gegenüber entwickelt, bis endlich im Menschen das geistige Leben als der Hauptzweck seines ganzen Daseins erscheint, daß aber ganz dem entsprechend auch das Nervensystem von Stufe zu Stufe an Bedeutung gewinnt, ja im Menschen geradezu in eine derartige Beziehung zu den übrigen Organen tritt, daß die Leistungen dieser, abgesehen von den der Fortpflanzung dienenden Organen, gewissermaaßen nur seiner Erhaltung zu gelten scheinen, so finden wir darin nur um so mehr eine Rechtfertigung unseres Planes. — Beginnen wir denn sogleich mit seiner Ausführung und ziehen wir zunächst den Bau des Nervensystems in Betracht.

Sehr verschiedenartig ist die Gestaltung des ganzen Nervenapparates bei den verschiedenen Thieren. Was uns aber die gröbere anatomische Untersuchung hier als aus Gehirn, Rückenmark und mehr oder weniger starken Nervensträngen, dort als aus durch zarte Fäden verbundenen Knoten bestehend aufdeckt, lehrt uns das Microscop dennoch fast überall als aus gleichartigen Elementarbestandtheilen zusammengesetzt kennen, und bedingt die bald millionenfache, bald geringere Anzahl dieser hier die massigere, dort die zartere Form des ganzen Systems, so ist ihre verschiedene Vertheilung und Anhäufung hier die Ursache des Erscheinens einer grauen, dort des Erscheinens einer weißen Masse. Welches, so wollen wir zunächst fragen, sind diese Elementarbestandtheile?

Sehen wir ab von einigen weniger wesentlichen Formelementen, von einer gestaltlosen Körnchenmasse, von einzelnen Farbstoff enthaltenden Zellen, einzelnen Fettzellen u. s. w., abstrahiren wir ferner von den den Apparat nach allen Richtungen hin durchziehenden und seiner Ernährung dienenden Blutgefäßen, so reduciren sich die sämmtlichen übrigen Bestandtheile auf zwei elementare Gebilde: die sog. Nervenzellen oder Ganglienzellen oder Ganglienkugeln und die sog. Nervenröhren oder Nervenfasern. Jene (Fig. 108 a. f. S.) bestehen, ähnlich der einfachen Zelle, aus einer äußerst zarten, structurlosen Hülle, einem zähflüssigen, feinkörnigen Inhalt und einem in diesem ruhenden Kern, haben dabei eine bald mehr rundliche, bald länglichere, bald eckigere Gestalt, besitzen einen Durchmesser

von 0,002—0,06 ''', *) und zeigen eine größere oder geringere Anzahl

Fig. 108.**)



sog. Fortsätze oder Ausläufer, eine Eigenthümlichkeit, welche zu der Unterscheidung von unipolaren, bipolaren und multipolaren Zellen (d. h. Zellen mit ein, zwei oder mehren Fortsätzen) Veranlassung gegeben hat. Diese, die Nervenröhren oder -Fasern, den zartesten Fäden vergleichbar (Fig. 109), bestehen aus einer Scheide oder Hülle und einem

Fig. 109.***)



Inhalt, welcher im lebenden Nerven wahrscheinlich aus einem, aus fettigen und eiweißartigen Stoffen gemischten Fluidum besteht, bei der Mehrzahl der dem lebenden Körper entnommenen und unter dem Mikroscop betrachteten Fasern sich aber als aus zwei distincten Gebilden bestehend erkennen läßt. Das eine derselben ist

---

*) In dieser und ähnlichen spätern Angaben, so wie überhaupt in Betreff mikroscopisch-anatomischer Data, folge ich vorzugsweise Kölliker, dessen unübertroffene Werke „Mikroscopische Anatomie" und „Handbuch der Gewebelehre" keiner weiteren Empfehlung bedürfen. —

**) Multipolare Nervenzellen der grauen Gehirnsubstanz aus dem verlängerten Mark eines 20jährigen Menschen. Circa 200mal vergrößert. 0,022 ''' Durchm. Nach Ecker: Icon. physiol. Taf. XIV. Fig. 1.

***) Stücke von Nervenfasern aus dem Rückenmark des Menschen mit vor-

die, vorzugsweise aus Fett bestehende, die Hülle auskleidende sog. Markscheide; das andre der aus eiweißartiger Substanz bestehende fadenförmige und in der Axe der Faser liegende sog. Axencylinder oder Primitivfaden. Bei manchen in dieser Weise betrachteten Fasern vermißt man auch die Markscheide, und es hat dieser Umstand zu der Unterscheidung markhaltiger oder dunkelrandiger und markloser Fasern Veranlassung gegeben. Ob aber Markscheide und Axencylinder überhaupt als solche auch schon im lebenden Nerven existiren, ob sie nicht etwa nur als Producte einer raschen Zersetzung anzusehen sind, ist trotz vieler Controversen noch unentschieden. Die Fasern haben dabei ein helles, bald mehr, bald weniger glänzendes Aussehen, und ihr Durchmesser beläuft sich auf 0,0005 — 0,01 ''', so daß sie also eben so wenig, wie die Nervenzellen mit unbewaffnetem Auge erkannt werden können. —

Beide diese Elementargebilde liegen nun aber nicht etwa getrennt und ungeordnet neben einander, sie sind vielmehr mit einander verbunden und zwar der Art, daß die Faser sich entweder mit ihrem einem Ende einem Fortsatze einer Zelle verbindet, mit dem andern Ende aber frei in der Körpersubstanz verläuft, oder daß sie zwei Nervenzellen mit einander in Communication setzt. Der allseitig zweifellosen Darlegung dieser Verhältnisse stellen sich allerdings die unendlichsten Schwierigkeiten entgegen und keineswegs ist die Untersuchung schon zu einem befriedigendem Abschluß gebracht. Was aber für viele Theile des Nervensystems thatsächlich erwiesen ist, hat aller Wahrscheinlichkeit nach auch für alle übrigen Geltung und mit großer Sicherheit ist anzunehmen, daß in der angedeuteten Verbindung von Fasern und Zellen das Princip ausgesprochen liegt, nach welchem das Nervensystem aufgebaut ist und vermittelst dessen die wunderbaren Erscheinungen zu Stande kommen, welche wir als von ihm ausgehend kennen lernen werden. — Wenn das Nervensystem Empfindung und Bewegung vermittelt, so werden wir, Alles zusammengefaßt, zu der Vorstellung hingedrängt, daß die Zellen, als Centralpunkte, die eigentlichen Vermittler der Em-

---

stehendem deutlichen Axencylinder. 300 mal vergrößert. (Ecker: Icon. physiol. Taf. XIV).

pfindung oder Bewegung sind, die Fasern aber nur dazu dienen, gleich den Drähten eines electro-magnetischen Apparates, entweder einen irgendwo auf den Organismus ausgeübten Eindruck nach dem Centraltheile fortzuleiten oder die Anregung zu einer Bewegung auf irgend einen Theil des Körpers zu übertragen, oder endlich die Zellen selbst unter sich in Verbindung zu setzen. Es kann dabei möglicherweise ein und dieselbe Nervenfaser sowohl in centripetaler, als centrifugaler Richtung leiten, und bei den niedern Thieren mag es sich vielleicht in der That so verhalten. Bei den höher entwickelten Thieren ist es aber, wenigstens hinsichtlich der sich in der Peripherie des Körpers ausbreitenden Fasern, nicht so. Mit aller Bestimmtheit ist es für diese durch Experimente festgestellt, daß, obschon sie anatomisch und chemisch ohne Unterschied sind, sie im lebenden Körper dennoch zum Theil nur in diesem, zum Theil nur in jenem Sinne leiten, zum Theil nur Empfindung, zum Theil nur Bewegung vermitteln, eine physiologische Thatsache, welche zu der Unterscheidung sog. sensibler oder sensorischer (centripetaler) und motorischer (centrifugaler) Fasern geführt hat und welche für die Fortführung der die anatomischen Verhältnisse betreffenden Untersuchungen eine leitende Bedeutung besitzt.

Der einfachste nervöse Apparat läßt sich nach dieser Darstellung als aus einer bipolaren Ganglienzelle und zwei Nervenröhren, deren eine in centripetaler, deren andre in centrifugaler Richtung leitet, bestehend denken, ein Apparat, den uns die beistehende schematische Figur (s. Fig. 110) veranschaulichen mag. Weniger einfach schon wird derselbe, wenn wir statt der bipolaren Ganglienzelle eine multipolare wählen, und ihr drei, vier oder mehre Nerven verbinden; complicirter noch, wenn wir der einen Ganglienzelle eine zweite hinzufügen und beide, unter sich durch eine Faser verbunden, ihre zwei, drei oder mehre Nerven aufnehmen lassen. Stellen wir uns aber vor, daß Tausende und wieder Tausende solcher complicirter elementarer Apparate mit einander verbunden sind, so gelangen

Fig. 110.



wir damit zu dem Begriff von der feinern Zusammensetzung des Nervensystems des höher entwickelten Thieres und müssen uns denken, daß es die wunderbare Ineinanderfügung und das harmonische Zusammenwirken jener einzelnen Elementarapparate ist, durch welches der gesammte Apparat zu seinen Functionen befähigt wird (Fig. 111). Es ist dabei

Fig. 111. *)



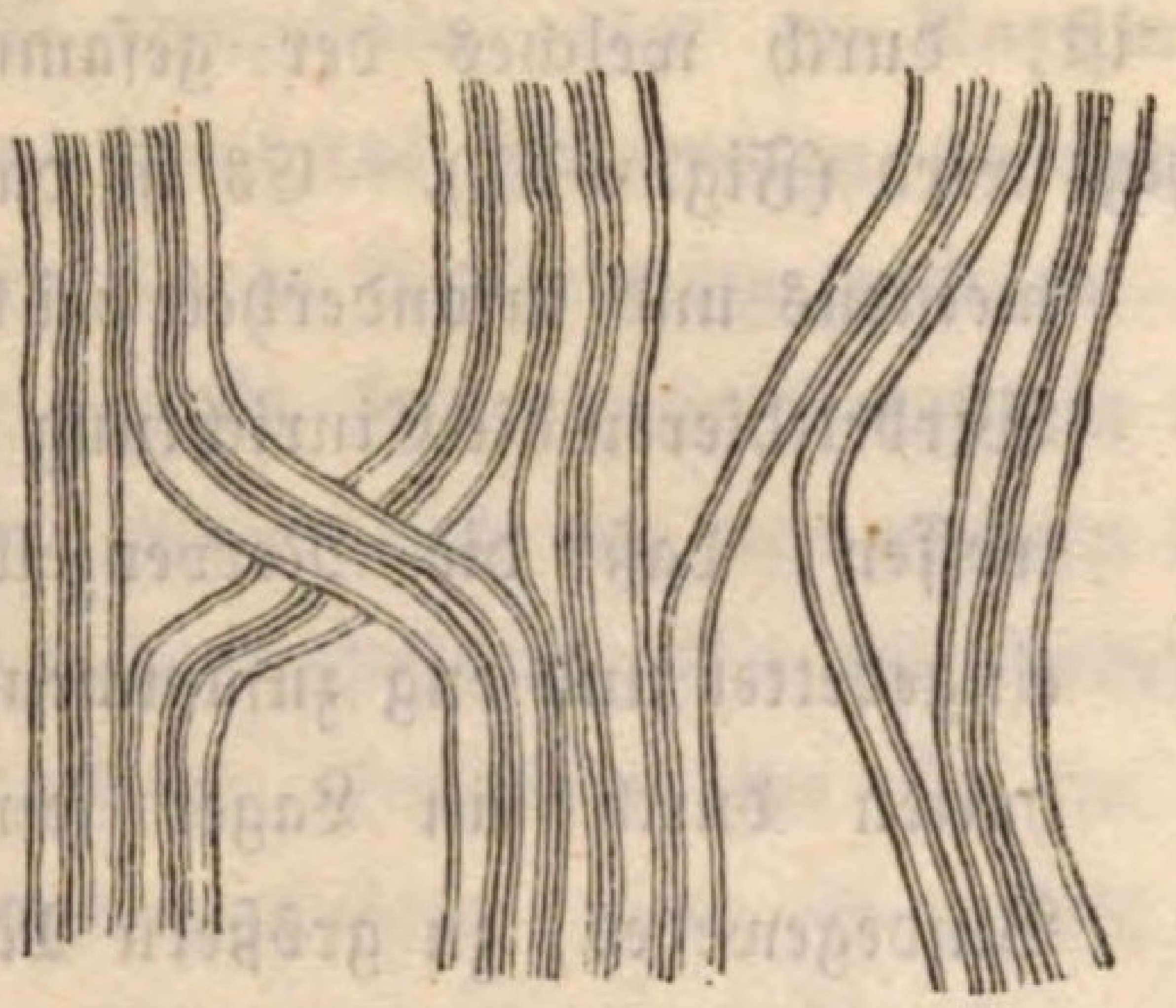
meistens und insonderheit bei den Wirbelthieren die Einrichtung getroffen, daß die Nervenzellen, eingebettet und eng zusammengehalten durch ein Lager feinen Bindegewebes, zu größern Massen zusammengedrängt sind; so werden z. B. die sog. graue Substanz des Gehirns und Rückenmarks oder auch die sog. Ganglien (Nervenknoten) niederer Thiere, fast ganz aus zusammengehäuften Nervenzellen gebildet, eine Einrichtung, welche die Bezeichnung dieser Theile als „Centraltheile des Nervensystems" vollkommen rechtfertigt. Wo sich aber eine solche Anhäufung von Zellen findet, sind auch die Fasern in der Regel, anfangs jene umhüllend oder einseitig bedeckend, massenhaft angehäuft. Ueberall fügen sich dann die letzteren nach und nach zu einzelnen Bündeln, in denen jede Faser ihre Selbständigkeit bewahrt, zusammen, lösen sich von den Central=

---

*) Eine Gruppe von Ganglienzellen aus dem electrischen Lappen des Zitterrochen, nach R. Wagner (Ecker: Icon. physiol. Tab. XIV.). Circa 160mal vergrößert. Jede Zelle enthält einen Kern mit einem Kernkörperchen. Die Ganglienzellen A und B, so wie C und D hängen durch seilartig gespannte, fein granulirte Fäden, welche aus den Ganglienzellen mit breiter Basis entspringen, zusammen. Von den Zellen A und C entspringen außerdem von jeder ein fadenförmiger Fortsatz (a, a), welcher zum Achsencylinder einer Nervenfaser wird, von welcher bei c, c, c noch Fragmente sichtbar sind. —

theilen ab, zerfallen, gegen die Peripherie hin verlaufend, in immer kleinere, oft netzförmige Verbindungen (Fig. 112) eingehende Bündel,

Fig. 112.



um schließlich in die einzelnen Fasern aufgelöst, den Organismus hier oder dort, im Ganzen aber überall zu durchweben. Was wir als „weiße Substanz" an Gehirn und Rückenmark oder größern Nervenknoten bezeichnen, besteht aus der Art massenhaft und dicht zusammengelagerten Fasern, und was wir als Nerv im Körper mit bloßen Augen erkennen, weist das Mikroscop als immer noch aus einer großen Anzahl, oft selbst aus Tausenden einzelner Nervenröhren zusammengesetzt nach, Röhren, deren jede schließlich irgendwo, getrennt von den übrigen, endet.

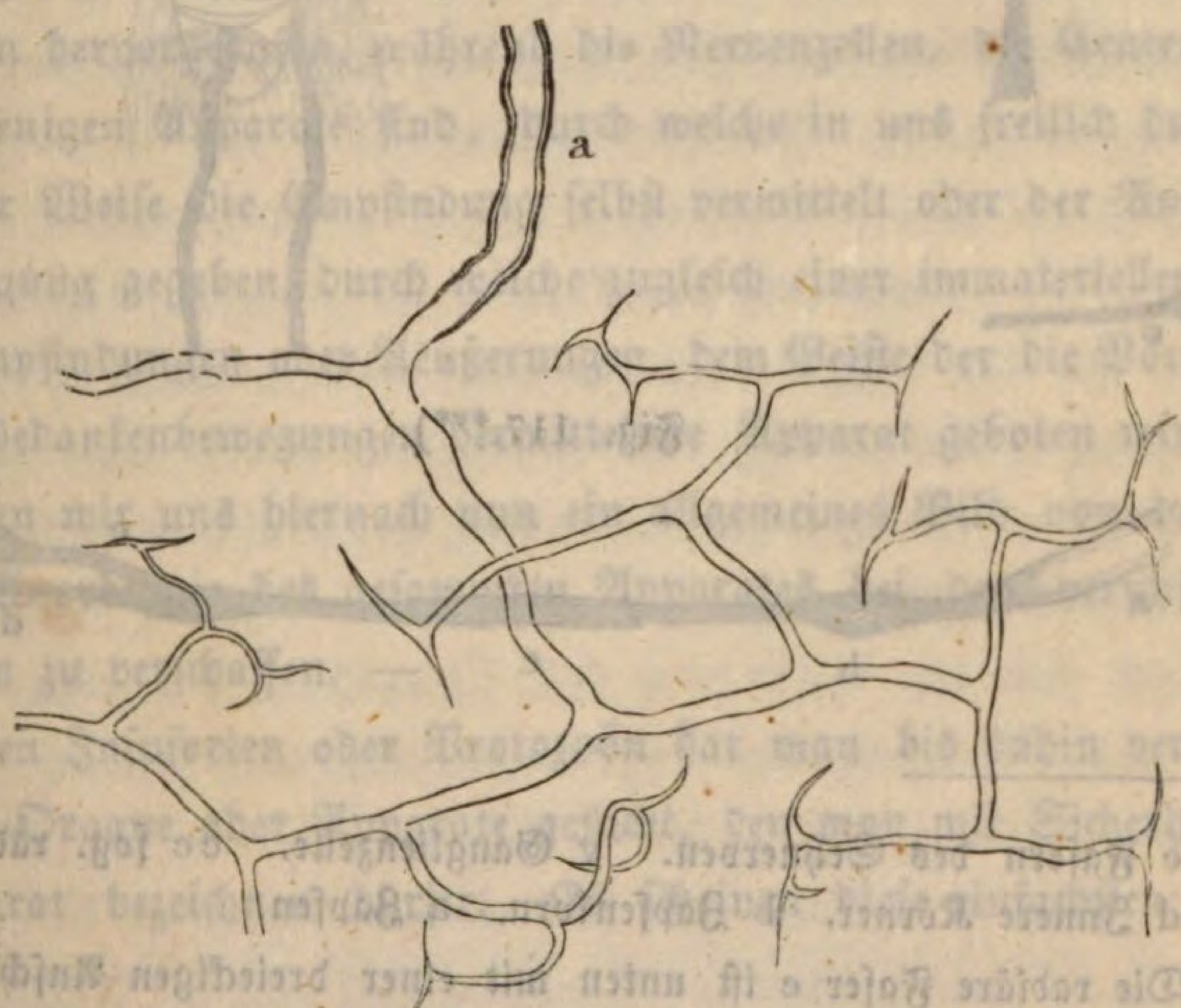
Ueber die schwierig zu ermittelnde Verbindung der Fasern und Zellen, so wie über die Endigung der einzelnen Nervenröhren in der Peripherie, ist man erst durch die sorgfältigen, mikroscopischen Forschungen der neuern Zeit zu einiger Klarheit gekommen. — Im ersteren Falle werden die Fasern gegen die Zelle zu durchsichtiger, verlieren scheinbar ihren Inhalt, fließen mit den oben bezeichneten Fortsätzen der Zellen, die hie und da vielleicht nur als die centralen Enden der Fasern zu betrachten sind, zusammen und setzen sich so unmittelbar in die zarte Membran oder Hülle der Zelle fort. Was dagegen die letzteren betrifft, so finden sehr verschiedene Verhältnisse Statt. Entweder enden nämlich — und das ist meistens der Fall — die Fasern unter allmähligem Schwunde ihres Inhaltes, als sog. marklose Fasern, durchaus frei in dem Organe, für welches sie bestimmt sind, — ein Punkt, der jedoch noch immer weiterer Untersuchung bedarf, da man selten oder kaum die Fasern bis zum äußersten Ende zu verfolgen vermag —, oder sie theilen sich kurz vor ihrer Endigung in eine Anzahl von drei, sechs bis zwölf büschelförmig auslaufender Aeste (Fig. 113 a. f. S.), deren jeder sich dann weiter verästelt (Fig. 114 a. f. S.), oder endlich sind sie an ihrem Ende mit besondern Vorrichtungen ver-

sehen, mittelst welcher sie Eindrücke verschiedener Art empfangen. Als

Fig. 113.*)



Fig. 114.**)

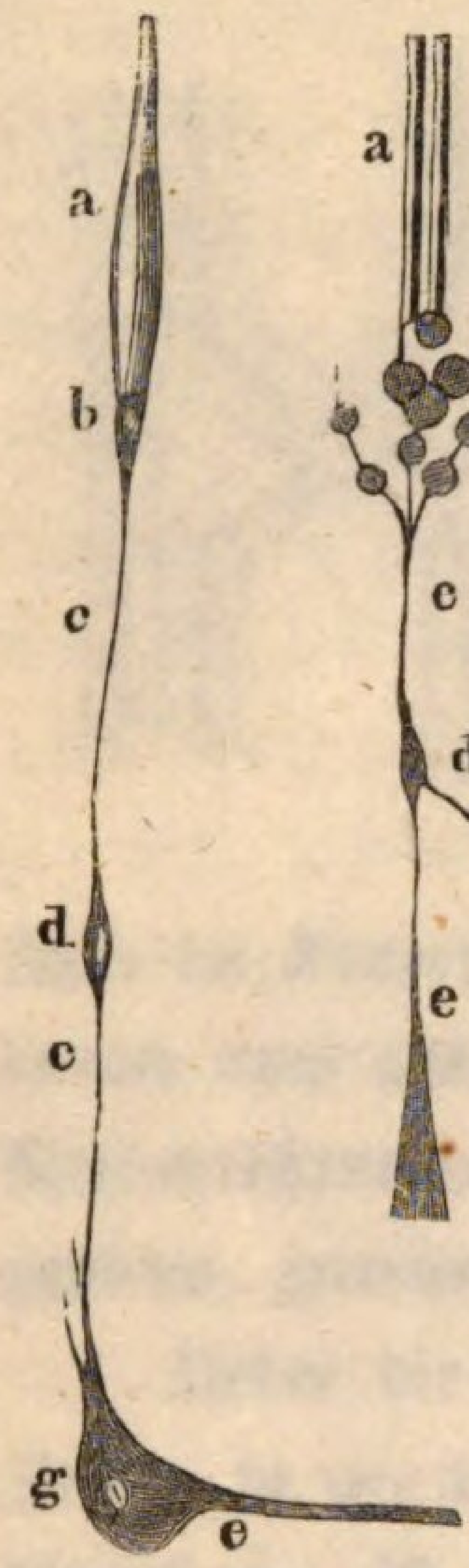


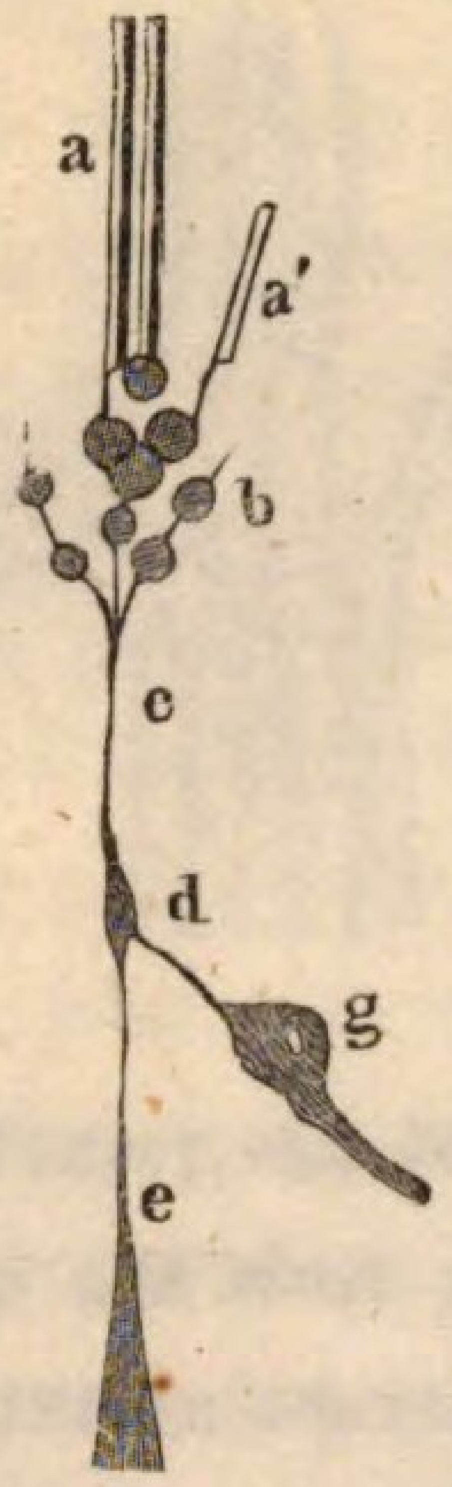
*) Dreifache Theilung einer Nervenfaser aus dem electrischen Organ des Zitterrochens nach Rudolph Wagner. (Ecker: Icon. physiol. Tab. XIII.)

**) Endausstrahlung und Verzweigung einer Nervenfaser (a) in einem Plättchen des electrischen Organs des Zitterrochen, nach R. Wagner (Ecker: Icon. physiol. Tab. XIII). Wo die Verzweigung beginnt, hören die doppelten Contouren der Faser auf, die Fasern werden bläs- ser und blässer und breiten sich endlich, ohne daß man Scheide und In- halt noch unterscheiden könnte, hirschgeweihartig aus. (E. 600m. vergr.)

solche Vorrichtungen kennen wir besondere stäbchen- oder zapfenförmige Gebilde in der Nerven- oder Netzhaut des Auges (Fig. 115 und 116),

Fig. 115.*) Fig. 116.**)





die neuerdings von Koelliker so schön verfolgten sog. Corti'schen Zähne (Fig. 117) an dem Ende des Gehörnerven und jene sog. Tastkörperchen, die den Nervenröhrenenden an fein empfindenden Körpertheilen, z. B. an den Fingerspitzen aufsitzend, für die feinere Empfindung derselben von großer Bedeutung zu sein scheinen (Fig. 118).

Fig. 118.†) a. f. S.

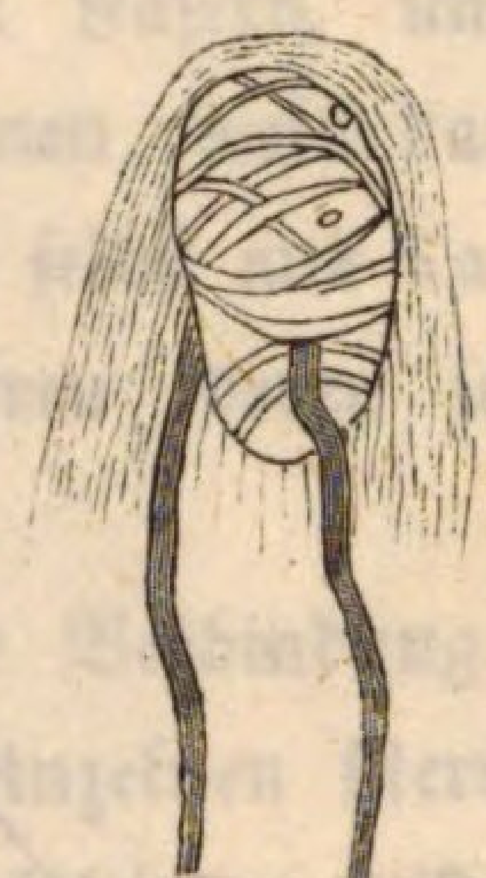
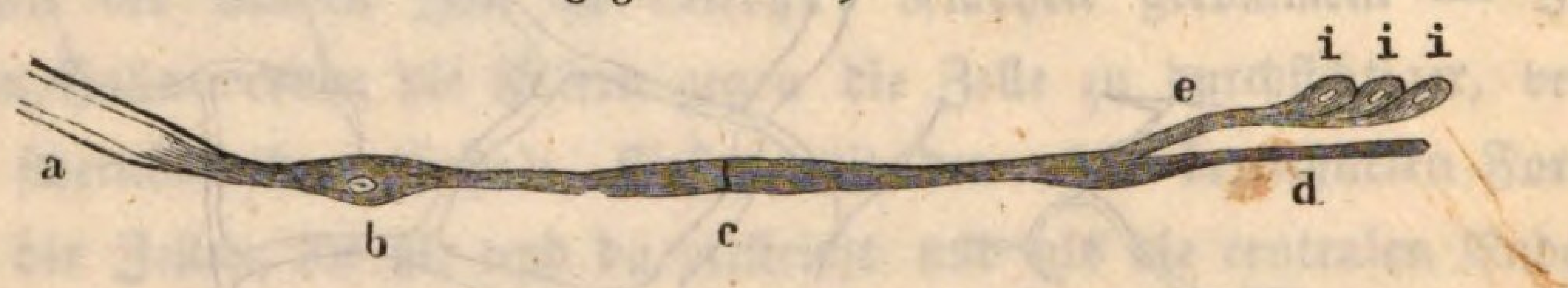


Fig. 117.***)



---

*) e Fasern des Sehnerven. g Ganglienzelle. c c sog. radiäre Fasern. d Innere Körner. b Zapfenkorn. a Zapfen.

**) Die radiäre Faser c ist unten mit einer dreieckigen Anschwellung versehen, die im Auge auf der Begränzungshaut des Glaskörpers steht. b Aeußere Körner. a Zwei Stäbchen. a' Rudiment eines Stäbchen. Dem innern Korn d verbindet sich eine Ganglienzelle (g), die wieder mit einer Faser des Sehnerven verbunden ist. (Beide Figuren nach Koelliker und H. Müller. Ecker: Icon. physiol. Tab. XIX. Circa 300—350 mal vergrößert.)

***) Endigung des Gehörnerven in der Schnecke eines Ochsen (nach Koelliker). a Dunkelrandige Faser des Gehörnerven, die sich in eine sog. Corti'sche Faser fortsetzt. b Bipolare Ganglienzelle, die in die Corti'sche Faser eingeschoben ist. c Stelle, wo diese Faser zwei durch eine zarte Furche getrennte Anschwellungen zeigt. d Vorderes Ende der

Finden sich aber die geschilderten Verhältnisse nun auch keineswegs überall so deutlich ausgesprochen, wie bei den Wirbelthieren, — bei den Quallen z. B. hat man bis dahin noch nicht überall deutliche Nervenzellen und distincte einzelne Fasern, sondern nur gröbere, scheinbar nicht weiter zerlegbare Nerven gefunden — so läßt sich dennoch nach dem Gesagten ein richtiges allgemeines Bild zusammensetzen, ein Bild, welches wir den auch auf diesem Gebiete der Forschung, und zwar durch Schwann, Koelliker, Remak, Purkinje, Meissner u. A. und neuerdings ganz insonderheit durch Rud. Wagner, Owsjannikow und Kupfer errungenen Fortschritten verdanken. Es besteht, um es kurz zu wiederholen, das Nervensystem wesentlich aus zwei verschiedenen Elementarbestandtheilen, aus Zellen und Röhren. Durch die Röhren werden den als Centralpunkten zu betrachtenden Zellen Empfindungen zugeführt, oder es werden durch sie in centrifugaler Richtung Bewegungen hervorgerufen, während die Nervenzellen, die Centraltheile selbst, diejenigen Apparate sind, durch welche in uns freilich durchaus räthselhafter Weise die Empfindung selbst vermittelt oder der Anstoß zu einer Bewegung gegeben, durch welche zugleich einer immateriellen Seele der ihre Empfindungen oder Aeußerungen, dem Geiste der die Vorstellungen oder Gedankenbewegungen vermittelnde Apparat geboten wird.

Suchen wir uns hiernach nun ein allgemeines Bild von der verschiedenen Anordnung des gesammten Apparates bei den verschiedenen Thierformen zu verschaffen. —

Bei den Infusorien oder Protozoën hat man bis dahin vergebens nach einem Organe oder Apparate gesucht, den man mit Sicherheit als Nervenapparat bezeichnen dürfte. Es scheinen diese einfachsten Thier-

---

Corti'schen Faser. e Starre, mit demselben verbundene Faser, welche vorn drei endständige unipolare Zellen (i i i) trägt. (Circa 350mal vergrößert.)

†) Die Abbildung ist Funke's Lehrbuch der Physiologie 1855. S. 583 entnommen. Nach eigenen Beobachtungen muß ich die auch von Funke vertretene Meißner-Wagner'sche Ansicht für die richtigste halten, daß die zu den Hautwärzchen verlaufenden Nervenfasern in ein bläschenförmiges Gebilde, das eigentliche Tastkörperchen eintreten, und sich hier verästeln, die Verästelungen aber die an dem Körperchen sichtbaren Querstreifen bilden.

formen in der That eines solchen zu entbehren, und bewegen sie sich dennoch oder empfinden sie sogar, — eine Empfindung, welche sich hier jedoch wohl nur als „Reizbarkeit" bezeichnen läßt, — so werden wir zu der Annahme hingedrängt, daß die Energieen des bei höhern Thieren vorhandenen Nervensystems in ähnlicher Weise auf die übrigen Körperbestandtheile übergegangen sind, wie die Energie des Muskels auf das zarte Gewebe des Herzens des sich entwickelnden Wirbelthiers, das schon zu einer Zeit pulsirt, sich zusammenzieht, wo noch durchaus keine Muskelfasern in ihm zu entdecken sind. Es nähern sich diese Thiere in Folge des Mangels eines Nervensystems nur um so mehr den Pflanzen und die Bewegungserscheinungen dieser kommen vielleicht zum Theil in einer ganz ähnlichen Weise zu Stande, als die niederster Thiere. Auch die neuern schönen Untersuchungen der Rhizopoden von Schultze haben in diesen Nichts entdecken lassen, was als Nervenapparat oder Ganglienzelle betrachtet werden dürfte; und auch von der den Körper dieser Geschöpfe bildenden, so wenig differenzirten Masse (s. o. S. 11) kann man nur sagen, daß auf sie die Energieen der einzelnen und verschiedenen Apparate des höher entwickelten Thierkörpers in summa übertragen seien, daß sie, um ihre Aufgaben zu erfüllen, eben so wenig eines besondern Apparates zur Vermittlung von Empfindungen oder Bewegungen, als besonderer Vorrichtungen zur Verdauung der Nahrungsmittel, Respiration u. s. w. bedurften.

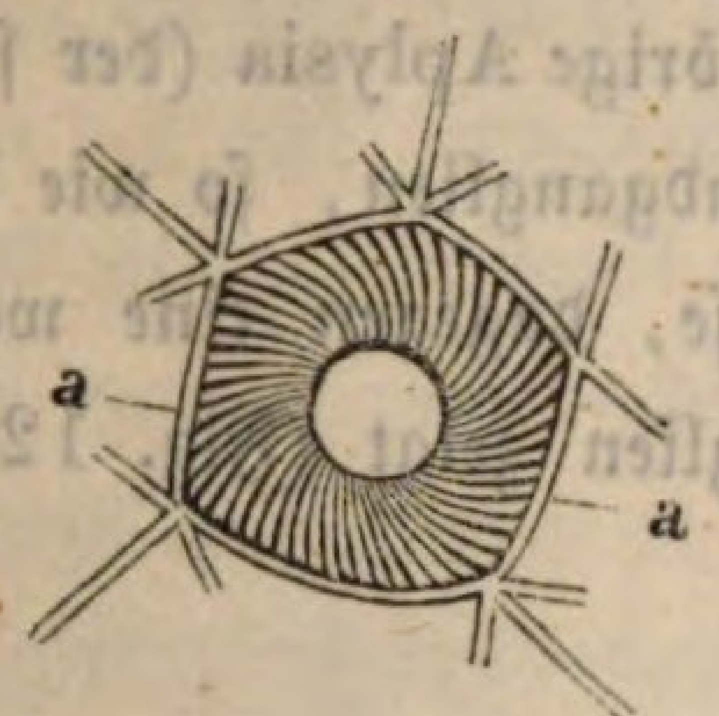
Auch bei den Polypen und Quallen hat man noch nicht überall mit Sicherheit einen Nervenapparat aufgefunden. Ein unter den Hautmuskeln (zwischen Leibeshöhle und Sohle) der Seeanemonen (Actinien) liegender Ring mit fünf kleinen Ganglien ist jedoch wohl unzweifelhaft richtig schon vor längerer Zeit von G. Cuvier als das Nervensystem dieser zu den Polypen gehörigen Thiere angesprochen, und bei den Scheiben- und Rippenquallen erkennt man dort in einer wechselnden Anzahl (vier, acht, sechszehn und mehr) unter sich verbundener, in der Peripherie des Körpers liegender Ganglien, hier in einem am hintern Leibesende, in der medianen Körperachse liegenden Ganglion den gleichen Apparat. *)

---

*) Für die hier gegebenen und später folgenden vergleichend-anatomischen

Mit größerer Bestimmtheit kennt man das Nervensystem der Stachelhäuter. Es bildet dasselbe hier meistens einen den Schlund umgebenden, fünfeckigen Ring mit zweifelhaften ganglionären Anschwellungen, aus dessen Ecken fünf Hauptnervenstämme entspringen. Ein Bild dieser Anordnung giebt uns Fig. 119. Eine bedeutende Abweichung von dieser Einrichtung findet sich jedoch bei den wurmartigen, eine Uebergangsstufe zu den Würmern bildenden und hie und da auch zu diesen gezählten Sipunculiden, bei denen sich von den fünf Stämmen nur einer, der in der Mittellinie des Bauches nach hinten zu verläuft, erhalten hat.

Fig. 119.*)



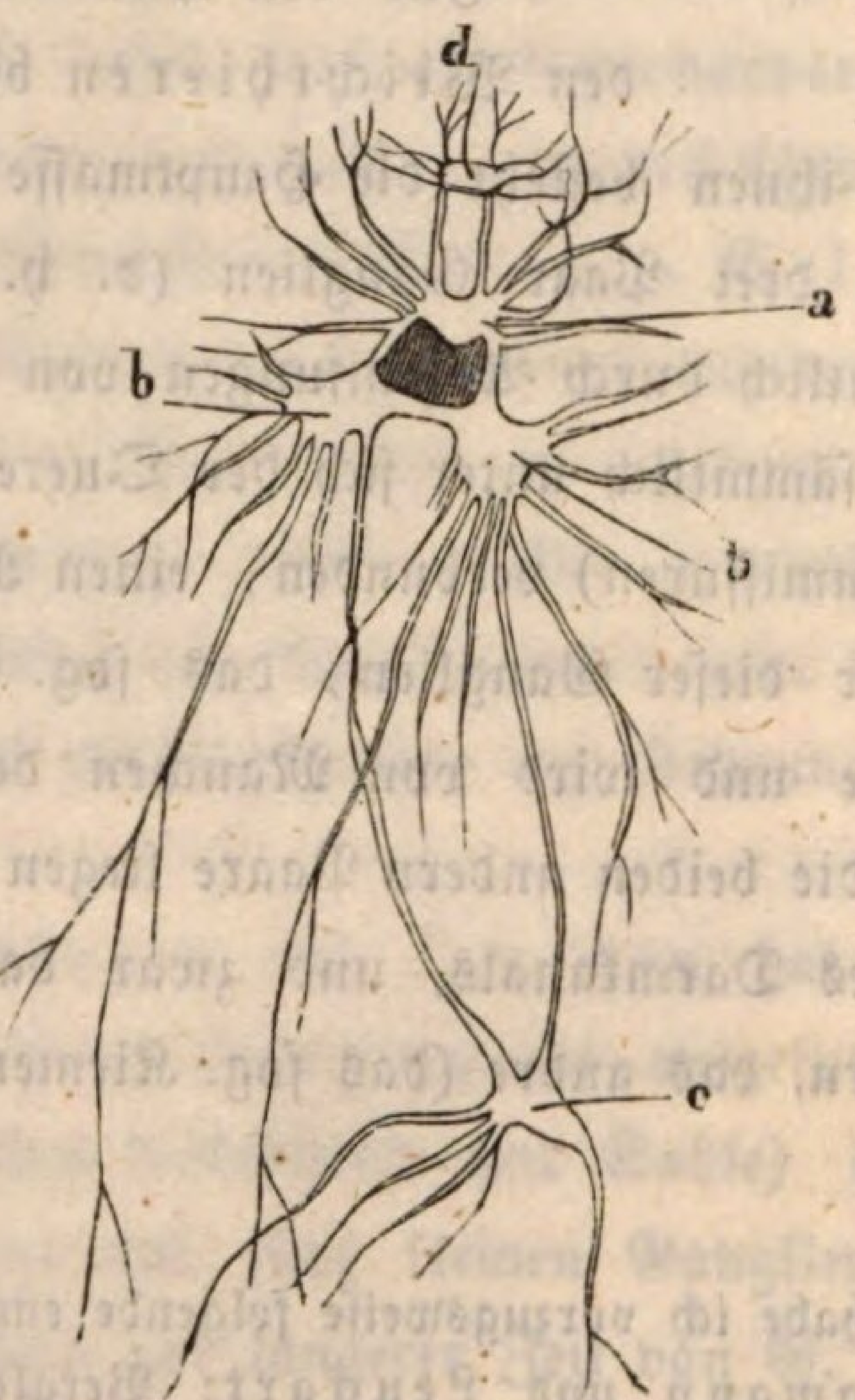
Für den Bau des Nervenapparates bei den Weichthieren bieten die Schnecken den Typus dar. Bei ihnen besteht die Hauptmasse oder der Centraltheil des Systems aus drei Paar Ganglien (d. h. Anschwellungen oder Knoten, die wesentlich durch Anhäufungen von Ganglienzellen gebildet werden), welche sämmtlich unter sich der Quere und Länge nach durch Nervenfasern (Commissuren) verbunden, einen Ring um den Schlund bilden. Ein Paar dieser Ganglien, das sog. Schlundganglion, liegt auf dem Schlunde und wird von Manchen dem Gehirn der Wirbelthiere verglichen; die beiden andern Paare liegen dagegen an der Bauchfläche unterhalb des Darmkanals, und zwar das eine (das sog. Fußganglion) nach vorn, das andre (das sog. Kiemenganglion) nach hinten.

Thatsachen habe ich vorzugsweise folgende empfehlenswerthe Werke benutzt: Bergmann und Leuckart: Vergleichende Physiologie und Anatomie 1852. — Oscar Schmidt: Handbuch der vergleichenden Anatomie 1. Aufl. 1851. (die dritte Auflage ist bereits erschienen). — Lehrbuch der Zootomie von Rud. Wagner, Frey und Leuckart. 1843. — Carpenter: Principles of physiology, general and comparative. London 1851. — Milne-Edward's: Eléments de zoologie ou leçons sur l'anatomie, la physiologie, classification et les moeurs de animaux. 4. Editt. 1841. —

*) Nervenkranz (a), welcher den Mund des Seesterns umgiebt und sichtbar ist, nachdem die Gefäße weggenommen sind. (Nach Wagner. Icon. zootom. Tab. XXXII. Fig. IV.)

Von sämmtlichen Ganglien gehen dann peripherische Nervenfasern aus, und zwar versorgt das Schlundganglion die Lippen, die Tentakeln, die Augen und die Geschlechtswerkzeuge, das Fußganglion die Bewegungs- und Gehörwerkzeuge, das Kiemenganglion die Kiemen, die Eingeweide und den Mantel. — Durch die verschiedene Lage der Ganglien, durch ihre bald größere, selbst bis zur Verschmelzung reichende, bald geringere Annäherung werden nun die mannichfachsten Verschiedenheiten bedingt, und während uns z. B. die zu den Schnecken gehörige Aplysia (der sog. Seehaase) eine Verschmelzung der beiden Schlundganglien, so wie der beiden Kiemenganglien zu je einer Ganglienmasse, dagegen eine weite Trennung der Fußganglien von den Kiemenganglien zeigt (Fig. 120),

Fig. 120.



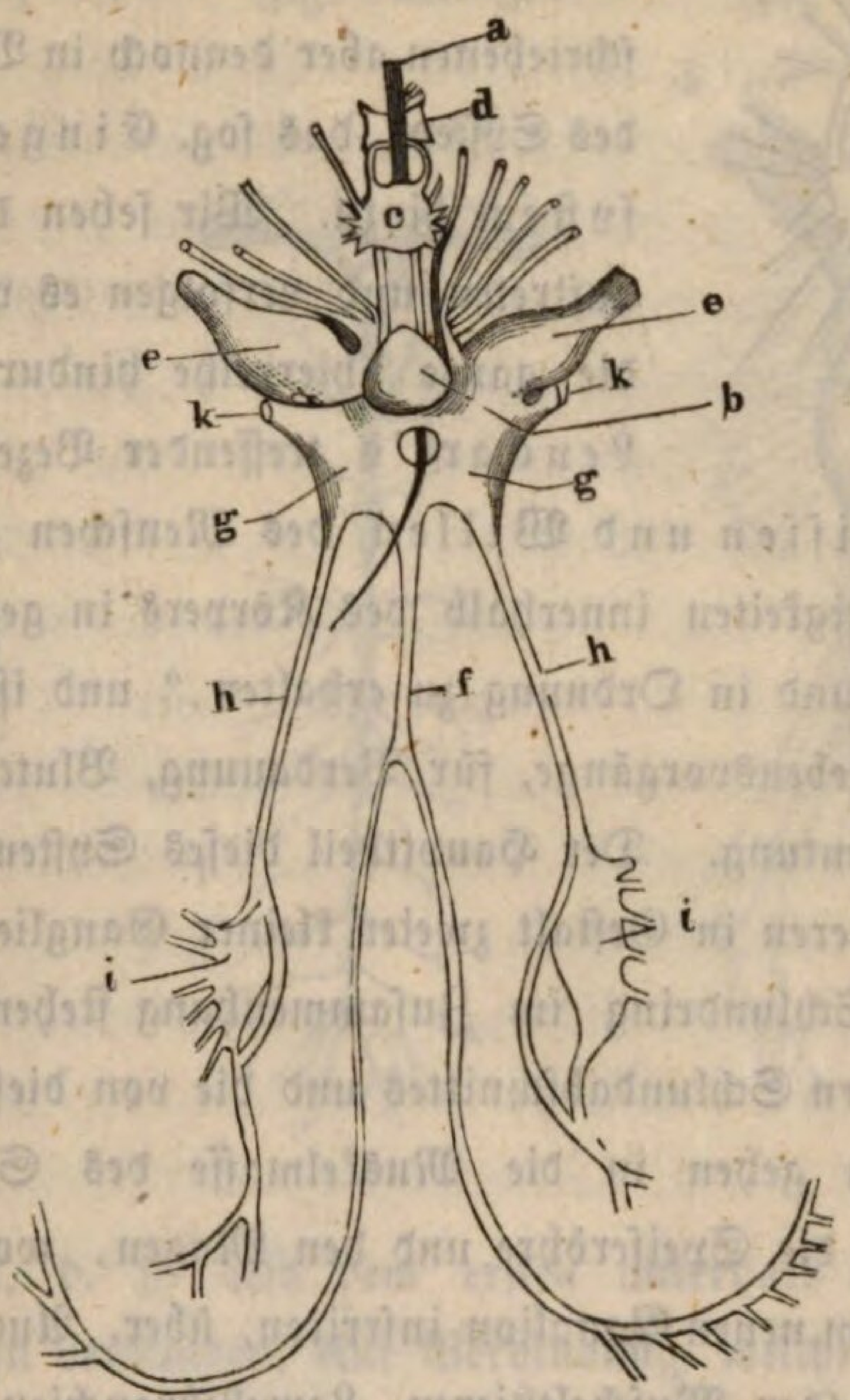
Nervensystem von Aplysia.*)

bietet der zu den Kopffüßlern gehörige Octopus, ausgezeichnet durch

*) Nach Milne-Edward's a. a. O. S. 547. a Schlundganglion. bb Fußganglien. c Kiemenganglion. d Ein mit dem Schlundganglion zusammenhängendes Lippenganglion (dem Eingeweidenervensystem angehörig).

seine acht langen Arme, eine Verschmelzung der letzten beiden Paare zu fast nur einer scheibenförmigen Masse dar (Fig. 121). Das letztere

Fig. 121.



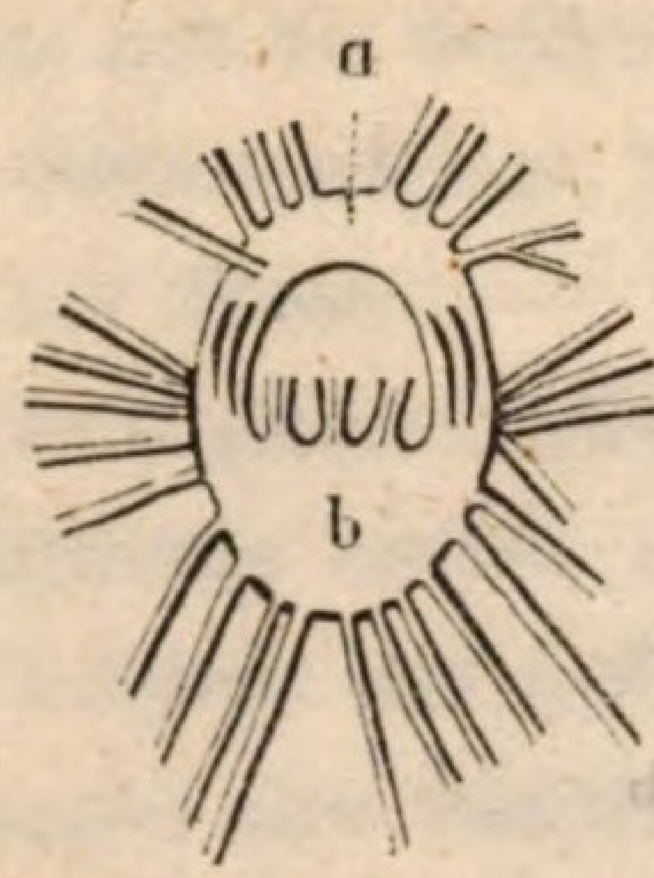
Nervensystem von Octopus. *)

Verhältniß findet sich bei der Mehrzahl der Kopffüßler. Die den Ring um den Schlund bildende Verbindung des obern Schlundganglion mit den verschmolzenen Kiemen= und Fußganglien stellt sich deutlich

*) Nach Milne=Edwards a. a. O. S. 548. a Sonde, die den Verlauf der Speiseröhre anzeigt. b Schlund= oder Kopfganglion, von dem nach vorn zwei Nervenäste entspringen, um sich mit dem Ganglion c, und ferner mit dem Ganglion d zu verbinden, die dem Schlundtheil des Eingeweide=Nervensystems angehören. ee Fußganglienmassen mit Vorsprüngen für die Armnerven. gg Kiemenganglien, von denen die Kiemennerven f und die Mantelnerven h, die wieder zu großen Ganglien i anschwellen, entspringen, kk die abgeschnittenen Sehnerven. —

in Fig. 122, dem Schlundnervenringe der Weinbergschnecke dar. —

Fig. 122.*)



Zu diesem Apparate kommt nun bei den höher entwickelten Weichthieren (den Kopffüßlern und Schnecken) noch ein besonderes, mit dem beschriebenen aber dennoch in Verbindung stehendes System, das sog. Eingeweidenervensystem hinzu. Wir sehen dasselbe hier zuerst auftreten und verfolgen es von nun an durch die ganze Thierreihe hindurch. Es hat nach Leuckart's treffender Bezeichnung die Aufgabe „ohne Wissen und Willen des Menschen oder Thieres eine Menge von Thätigkeiten innerhalb des Körpers in gegenseitige Abhängigkeit zu setzen und in Ordnung zu erhalten," und ist insonderheit für die vegetativen Lebensvorgänge, für Verdauung, Blutcirculation u. s. w. von großer Bedeutung. Der Hauptheil dieses Systems liegt bei den höhern Weichthieren in Gestalt zweier kleiner Ganglien, die unter sich und mit dem Schlundring im Zusammenhang stehen an der untern Fläche des hintern Schlundabschnittes und die von diesen Ganglien ausgehenden Fasern gehen in die Muskelmasse des Schlundkopfes, die Speicheldrüsen, die Speiseröhre und den Magen, wo sie sich bei den Kopffüßlern einem neuen Ganglion inseriren, über. Auch bei einigen kopflosen Acephalen (den Muschelthieren, Lamellibranchien) kommen Eingeweidenerven vor. Dieselben haben hier aber keine eigene Centra, sondern entspringen von den Verbindungsfäden der oben bezeichneten Ganglienpaare, ein Verhältniß, welches für allgemeine Betrachtungen über das Eingeweidenervensystem und den Aufbau des Nervensystems in der Thierreihe überhaupt nicht unwichtig ist.

Das Nervensystem der noch übrigen wirbellosen Thiere, der Gliederthiere, variirt in den einzelnen Ordnungen und Arten vielfach, hat aber dennoch überall etwas Typisches. Sein wesentlichster oder centraler Theil besteht fast überall aus einer Reihe von Ganglienpaaren, die in der Mittellinie des Leibes unterhalb des Darmkanals an

---

*) a Oberer, b unterer Mundknoten der Weinbergschnecke. (Nach Wagner's Icon. zootom. Taf. XXX. Fig. 7. — Copie nach Brandt.)

der Bauchfläche liegen und sämmtlich durch Längs- und Quercommissuren verbunden sind. Nur ein Ganglienpaar, und zwar das erste, liegt oberhalb des Schlundes (Fig. 123, 124, 125). Aber auch dieses ist

Fig. 123.*)

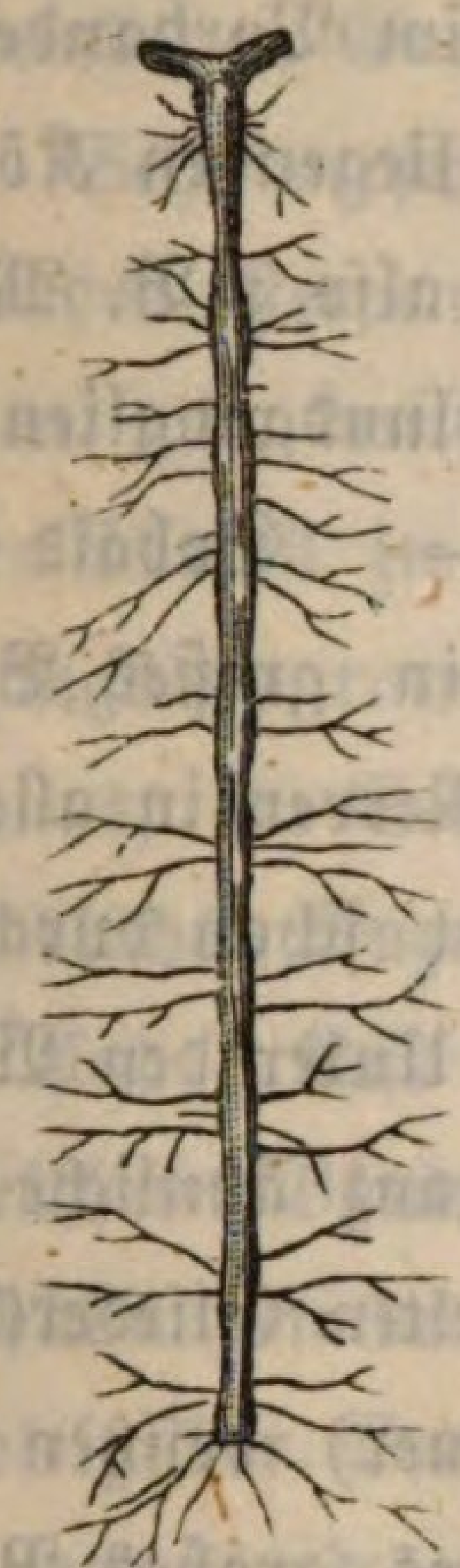


Fig. 124.**)

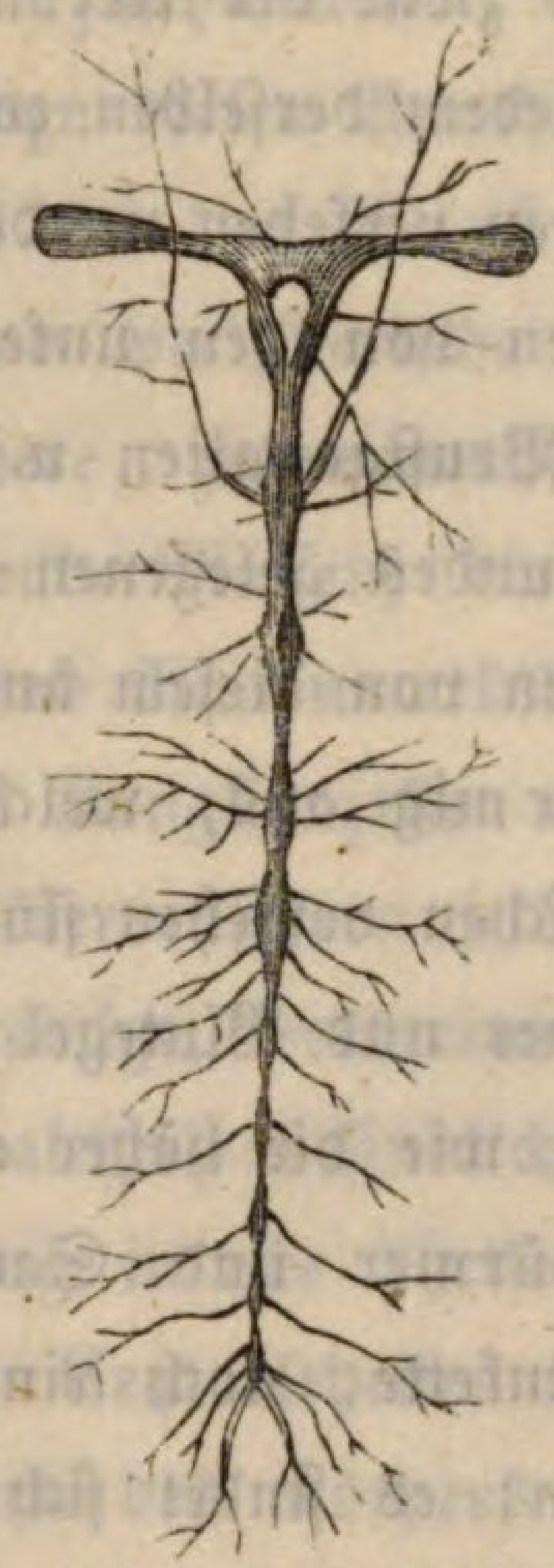
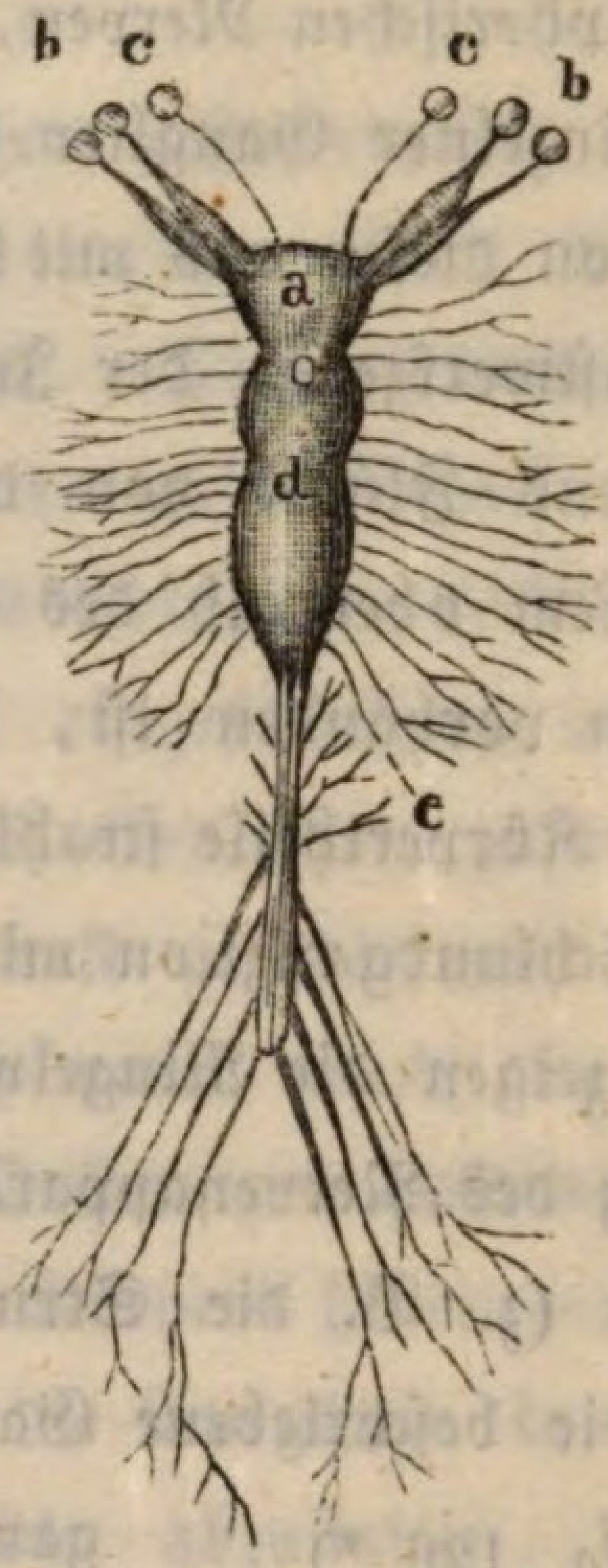


Fig. 125.***)



mit dem zweiten, d. h. also dem ersten unterhalb des Darmkanals, durch Commissuren verbunden, eine Verbindung, welche wieder die Bildung eines Ringes um den Schlund bedingt. So viel Körperabschnitt das Gliederthier hat, so viel Ganglienpaare finden sich auch in der Regel; mannigfache Verschiedenheiten entstehen aber auch hier wieder durch das Verschmelzen der beiden zusammengehörigen Ganglien zu einem, oder durch das Verschmelzen zweier oder mehrer oder aller aufeinanderfolgender Paare zu einer gemeinschaftlichen Ganglienmasse. Als Beispiel des letztern Falles können die Spinnen und Wanzen (s. Fig. 125) und in gewisser Beziehung auch die Krabben dienen, bei denen sich,

---

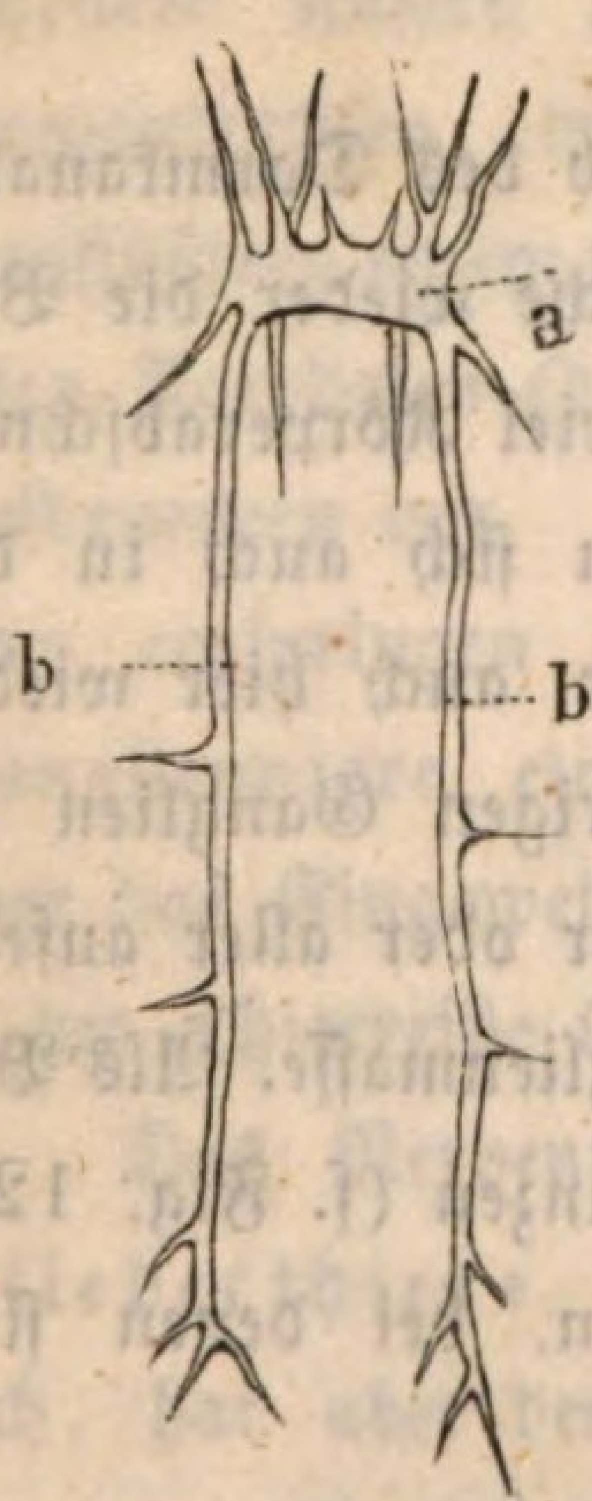
*) Nervensystem eines Ohrwurms (Forficula).

**) Nervensystem eines Hirschkäfers (Lucanus).

***) Nervensystem einer Schildwanze. a Oberes Schlundganglion (Gehirn). b, c Augennerven. d Brustganglion. e Unterleibsganglien. — Alle drei Abbildungen nach Milne-Edward's a. a. O. S. 420.

entsprechend der geringeren Gliederung des Körpers, statt der ganzen Bauchganglienkette auch nur ein einziges gemeinsames großes Bauchganglion vorfindet. Von den Ganglien aus, einerlei ob nur ein großes, oder viele einzelne Ganglien vorhanden sind, entspringen nun wieder die peripherischen Nerven, und zwar der Art, daß beim Vorhandensein vieler einzelner Ganglien die jedem derselben zunächst liegenden Körpertheile von diesen aus mit Nerven versehen werden, — also z. B. Mund- und Tastwerkzeuge der Insekten von den untern Schlundganglien aus, Füße und Flügel von den Brustganglien u. s. w. — Sobald aber außer dem oberhalb des Schlundes gelegenen nur ein großes Bauchganglion vorhanden ist, laufen von diesem aus die Nerven in alle diejenigen Körpertheile strahlenförmig aus, welche nicht schon durch das obere Schlundganglion mit solchen versehen sind. — Unter den Würmern zeigen die Ringelwürmer und Blutegel eine ganz ähnliche Einrichtung des Nervenapparates, wie die höher entwickelten Gliederthiere. Manche (z. B. die Strudelwürmer und Saugwürmer) besitzen aber weder die beschriebene Ganglienkette, noch ein einziges großes Bauchganglion; es findet sich bei ihnen vielmehr nur eine centrale Ganglienmasse im vordern Körperende, die fast überall oberhalb des Schlundes liegt, und von diesem sog. Nackenganglion aus entspringen nun zahlreiche Nerven, die sich in verschiedenen Richtungen, verschieden an Länge und Stärke, namentlich aber seitlich verlaufend, als Seitennerven verbreiten (Fig. 126). Diese Seitennerven sind hier die „Vertreter der Bauchganglienkette." — Das sympathische oder Eingeweide-Nervensystem der Gliederfüßler, das auch selbst den höher entwickelten Würmern (Blutegeln u. a.) nicht fehlt, steht überall mit dem vordern oder obern Schlundganglion in Verbin-

Fig. 126. *)



*) Nervensystem eines Saugwurms (Amphistomum conicum). a Schlundganglien. bb Seitennerven. (Nach Rud. Wagner Icon. zootom. Taf. XXVIII. Fig. 17.)

dung. Es besteht zumeist aus zwei oder drei wieder unter sich verbundenen kleinen Ganglien, von denen aus Nervenfasern sich am Verdauungskanal verbreiten, oder es entspringen die Nervenfasern auch direct aus jenem Schlundganglion, um später erst zu kleinen, unter sich verbundenen Ganglien anzuschwellen.

Sehr verschieden von diesen Anordnungen gestaltet sich nun der Bau des Nervensystems bei den Wirbelthieren. Auch hier zwar finden wir centrale und peripherische Theile. Aber es bilden die ersteren überall zwei größere, zusammenhängende und oberhalb des Verdauungsapparates liegende Massen, die, als Gehirn und Rückenmark bekannt, im Schädel und Rückenmarkskanal eingeschlossen, aus einer unendlichen Anzahl von Ganglienzellen und Nervenfasern zusammengesetzt sind. Und diese Nervenfasern selbst, bald zu stärkern, bald zu schwächern Bündeln vereinigt, verbreiten sich nun, durch die in den Umhüllungen der Centraltheile befindlichen Oeffnungen hindurchtretend, in vielfacher Verzweigung in alle Theile des Körpers hinein, um bald als empfindende den Centraltheilen über die Vorgänge in der Peripherie oder im Innern des Körpers Bericht abzustatten, bald als Bewegung vermittelnde den Willen oder unbewußten Trieb des Thieres auf peripherische Organe zu übertragen. Daneben findet sich fast überall, durch Fasern mit jenen Centraltheilen verbunden, ein Eingeweidenervensystem, welches ebenfalls wieder seine eigenen Centra und peripherisch verlaufenden Fasern besitzt. Es liegen diese Centra, in Gestalt kleinerer oder größerer Ganglien in verschiedenen Theilen des Körpers zerstreut, bilden insonderheit eine durch Nerven verbundene vor dem Rückgrat gelegene Kette oder größere Geflechte, wie wir sie in den größern Körperhöhlen und in der Umgebung größerer Blutgefäße finden, während die äußerst zarten Nervenfasern dieses Systems in die verschiedensten Theile des Körpers, insonderheit aber die Drüsen, die Blutgefäße, den Darmkanal, das Herz u. s. w. eindringen. Je nach der höhern oder geringern Entwicklung des Wirbelthieres gestalten sich diese einzelnen Theile des Nervensystems, und insonderheit das Gehirn, verschieden. Je höher das Thier in der Thierreihe steht, um so umfangreicher und größer im Verhältniß zum übrigen Körper ist z. B. das letztere. Der Typus der Anordnung des Ganzen bleibt dabei aber

überall derselbe und selbst die einzelnen Theile des höchst entwickelten Gehirnes sind im Wesentlichen überall, in bald schärfer, bald weniger scharf ausgeprägter Weise vertreten.

Entwerfen wir uns zunächst von der Gestaltung des Gehirns und Rückenmarks ein ganz allgemeines Bild, so kann es nicht besser geschehen, als wenn wir uns dessen erinnern, was oben von der Entwicklung der Centraltheile des Nervensystems im bebrüteten Hühnchen gesagt wurde. Das Rückenmark lernten wir dort als einen anfangs hohlen Cylinder, an dessen vorderem Ende sich eine Ausbuchtung als erste Anlage des Gehirns befand, kennen. An dieser Ausbuchtung oder Anschwellung ließen sich alsbald drei der Quere nach verlaufende Abtheilungen oder Abschnürungen wahrnehmen, aus denen sich die einzelnen Theile des Gehirns der Art hervorbildeten, daß aus der ersteren das große, sich alsbald in zwei seitliche Halbkugeln abschnürende Gehirn, aus der zweiten das sog. Mittelhirn, aus der dritten das Hirn und Rückenmark verbindende sog. verlängerte Mark und das sog. kleine Gehirn entstand. Dieser Bildungsproceß selbst geht scheinbar nun aber überall der Art vor sich, daß sich die Wandungen der ursprünglichen Abschnürungen oder Höhlungen mehr und mehr verdicken; daß sich in der sie anfangs erfüllenden Bildungsflüssigkeit Tausende von Ganglienzellen und Nervenfasern bilden, und diese endlich, massenhaft angehäuft, die Höhlungen selbst bis auf ein sehr unbedeutendes Lumen einengen. Was von den Höhlungen übrig bleibt, bildet jetzt einerseits die gegen die Masse des Gehirns verschwindend kleinen sog. Ventrikel, die unter sich im Zusammenhang stehend, zum Theil mit einer wässrigen klaren Flüssigkeit, zum Theil mit lockern Blutgefäßgeflechten ausgefüllt sind, andrerseits den bei fast allen Wirbelthieren und nach Owsjannikow auch beim Menschen fortbestehenden „Centralkanal" des Rückenmarks. Die ganze übrige Gehirn- und Rückenmarksmasse erscheint aber nunmehr als eine festweiche, hier etwas derbere, dort etwas weichere, hier weiße, wesentlich aus Nervenfasern, dort graue, wesentlich aus Nervenzellen und dieselben zusammenhaltender Bindegewebsmasse bestehende Substanz, eine Vertheilung ungleichartiger Bestandtheile, die sich im Allgemeinen der Art bezeichnen läßt, daß beim Rückenmark die graue Substanz den Kern (s. Fig. 138), die weiße die Umhüllung bildet, beim Gehirn dagegen

die graue eine äußerliche Rindenschicht und mehrfache, im Innern vertheilte Kernmassen, die weiße aber den übrigen Theil der ganzen Masse zusammensetzt. Wir können hier nicht wohl näher auf die Configuration dieser einzelnen mehr oder weniger leicht unterscheidbaren Kern- und Umhüllungsmassen eingehen; die Beschreibung derselben gehört in das Gebiet der speciellen Anatomie. Bemerken wir jedoch, daß sich schon in einer ziemlich frühen Zeit des Entwicklungsganges die oben erwähnte Längsklüftung des großen Gehirns in zwei seitliche unter sich aber in Zusammenhang stehende Hemisphären auf alle oder doch die Mehrzahl der übrigen Centraltheile fortsetzt, so daß wir, wie bei den niedern Thieren paarige Ganglien, so auch hier überall paarige, und wenn nicht scharf und deutlich getrennte, doch aus zwei gleichen Hälften bestehende Gebilde vor uns haben. So unterscheiden wir also zwei Hemisphären des großen Gehirns, und finden das sog. Mittelhirn ebenfalls aus zwei seitlichen, bei den niedern Wirbelthieren mehr, bei den höhern weniger getrennten Hälften bestehen; so erkennen wir in dem kleinen Gehirn überall zwar eine sehr eng verbundene, bei den höhern Thieren aber doch ebenfalls aus zwei seitlichen Hemisphären bestehende Masse; und in gleicher Weise verfolgen wir endlich die Klüftung an dem Rückenmark, welches uns in Folge eines obern und eines untern (beim Menschen hintern und vorderen) Einschnittes in der Mittellinie als aus einer rechten und linken Hälfte zusammengesetzt erscheint. Wie aber die Centraltheile selbst als paarige Gebilde zu betrachten sind, so entspringen endlich auch die sämmtlichen Nerven paarweise von ihnen, und zwar der Art, daß sie am Gehirn, von dessen Basis auslaufend, eine einfache, von vorn nach hinten verlaufende Reihe, beim Rückenmark dagegen eine doppelte Reihe bilden, deren eine von dem obern (hintern), deren andre von dem untern (vorderen) Umfang der Seitenhälften desselben entspringt. Wohl wissen wir nun, wo all diese Nervenpaare, von denen jedes aus zwei dichten Bündeln unzähliger Fasern besteht, in die Centraltheile selbst eintreten oder von ihnen sich abheben; wo jedoch die Fasern selbst ihren endlichen Ursprung nehmen, wo sie mit Ganglienzellen sich verbinden, wie sie in der Gehirn- und Rückenmarksmasse selbst verlaufen, hat trotz der anhaltendsten und sorgfältigsten Untersuchungen noch nicht in genügender Weise festgestellt

werden können. Für die vom Gehirn selbst auslaufenden Paare ist es der Mehrzahl nach wohl zweifellos, daß sie ihren Ursprung auch in der Gehirnmasse selbst nehmen; nur einer oder einige der sog. Gehirnnerven nehmen auch Fasern aus dem Rückenmark in sich auf. Ob aber die vom Rückenmark auslaufenden Nerven in diesem selbst ihren Ursprung nehmen, oder ob sie sämmtlich, das Rückenmark nur durchlaufend, erst im Gehirn ihren endlichen Ausgangspunkt, ihr Centrum finden, ist fraglich. Es ist jedoch mehr als wahrscheinlich, — und Koelliker's schöne Untersuchungen haben hier ein großes Gewicht, — daß eine sehr große Anzahl derselben in das Rückenmark eintretend, in diesem bis in das Gehirn hinauf verläuft, um sich dort mit Ganglienzellen zu verbinden, eine andere geringere Anzahl aber auch im Rückenmark selbst, d. h. in der grauen Substanz desselben entspringt. Möglich, daß sich im Rückenmark hie und da mehre Fasern einer Ganglienzelle inseriren und diese nun, mit andern Ganglienzellen verbunden, einen Zusammenhang mit dem Gehirn vermitteln. Doch, wir wiederholen, was wir schon oben erwähnten, daß sich der Darstellung des feineren Baues des Nervensystems in dieser Beziehung die unendlichsten Schwierigkeiten entgegenstellen und zweifelhaft dürfte es sein, ob es jemals gelingen wird, denselben in voller Klarheit zu durchschauen.

Ueber die äußere Configuration des Rückenmarks und der Hauptnervenstämme haben wir nichts Weiteres hinzuzufügen; es verhält sich dieselbe bei allen Wirbelthieren in gleicher Weise; einige wenige Bemerkungen werden wir unten, bei Betrachtung des Nervensystems der Säugethiere, noch beibringen. Die Gestaltung des Gehirns bietet aber in den verschiedenen Wirbelthierklassen zu wesentliche und zu interessante Verschiedenheiten dar, als daß wir uns dieselben nicht in allgemeinster Weise vergegenwärtigen müßten. Wir nehmen dabei aus jeder Classe die Abbildungen nur einiger Gehirne zu Hülfe, deren Anschauung zur Auffassung der wesentlichsten Verschiedenheiten genügen wird.

Mit den Fischen zunächst beginnend, geben wir beistehend die Abbildungen des Gehirns eines Stockfisches und eines Hechtes (Fig. 127 u. 128 a. f. S.). — Die Hemisphären des großen Gehirns sind hier verhältnißmäßig zu den übrigen Hirntheilen nur klein und

besitzen vorn eine bald mehr, bald weniger bedeutende Anschwellung, als

Fig. 127. *)

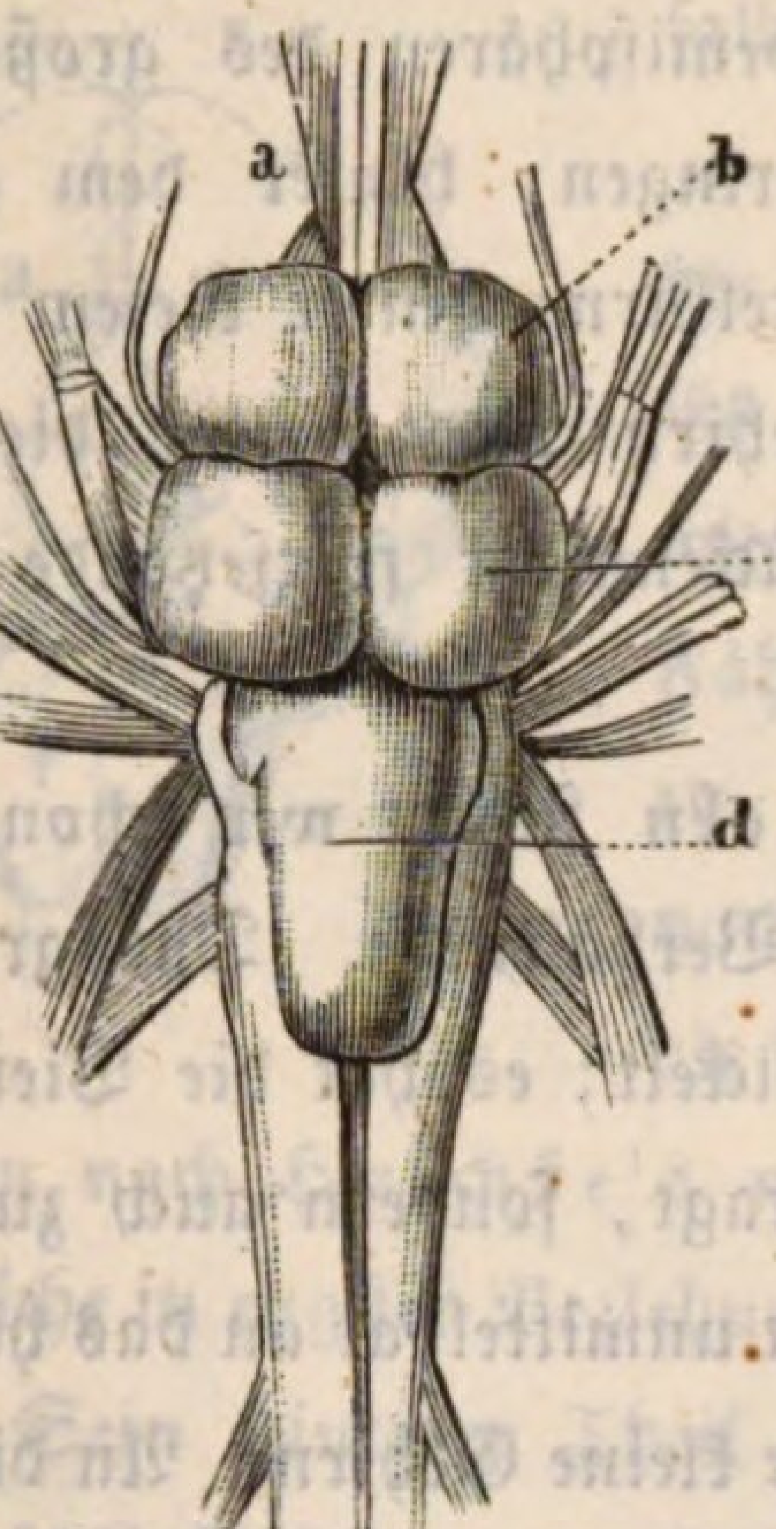
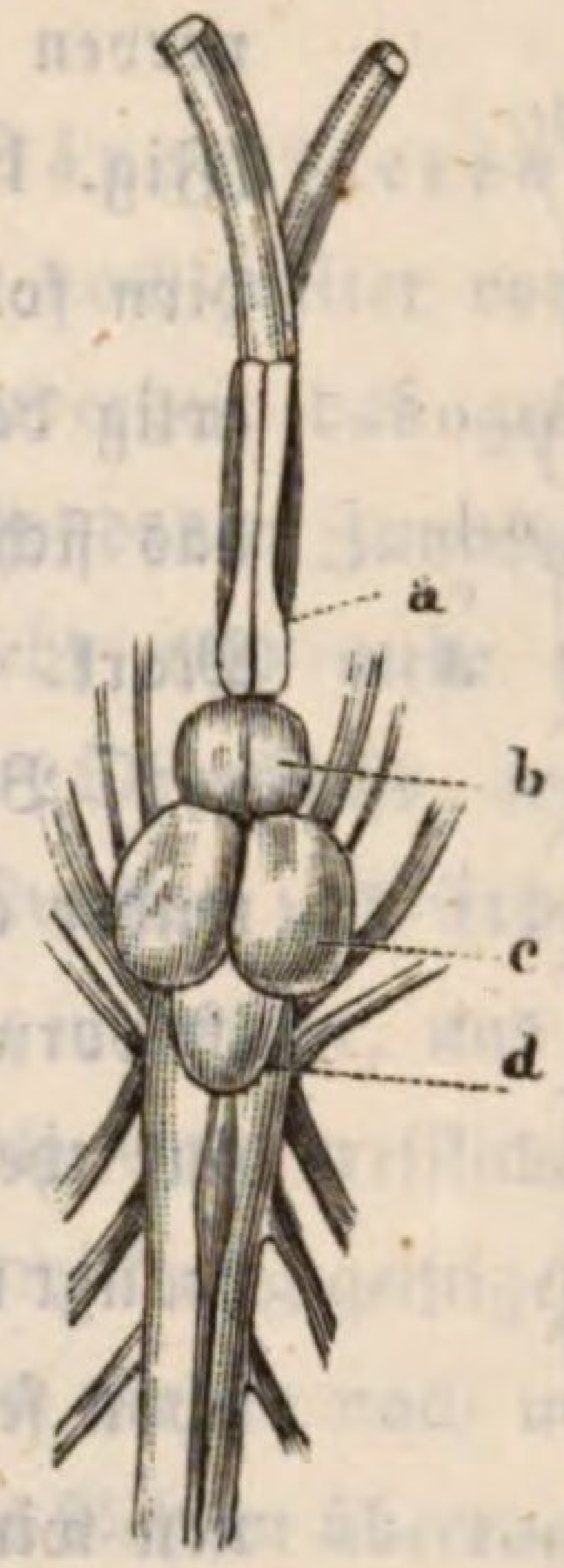


Fig. 128. **)



Wurzel des stark entwickelten Riechnerven. Hinter ihnen liegen zwei größere, die Stelle des Mittelhirns einnehmende Halbkugeln, die die Sehhügel (lobi optici) genannt werden und von denen aus die Sehnerven entspringen. Noch weiter nach hinten liegt das unpaarige, kleine Gehirn und unter diesem, nach hinten sich ausdehnend, das verlängerte Mark.

Bei den Reptilien zeigt sich noch keine sehr wesentliche Verschiedenheit von dieser Anordnung, nur die Hemisphären des großen Gehirns sind in der Entwicklung ansehnlicher vorausgeeilt. Das kleine Gehirn ist dagegen, insonderheit bei den Schlangen und nackten Amphibien nur sehr unbedeutend entwickelt, so daß es fast nur als ein starkes Verbindungsband zwischen den beiden Hälften des verlängerten Markes betrachtet werden kann. Als Beispiel diene die Abbildung des

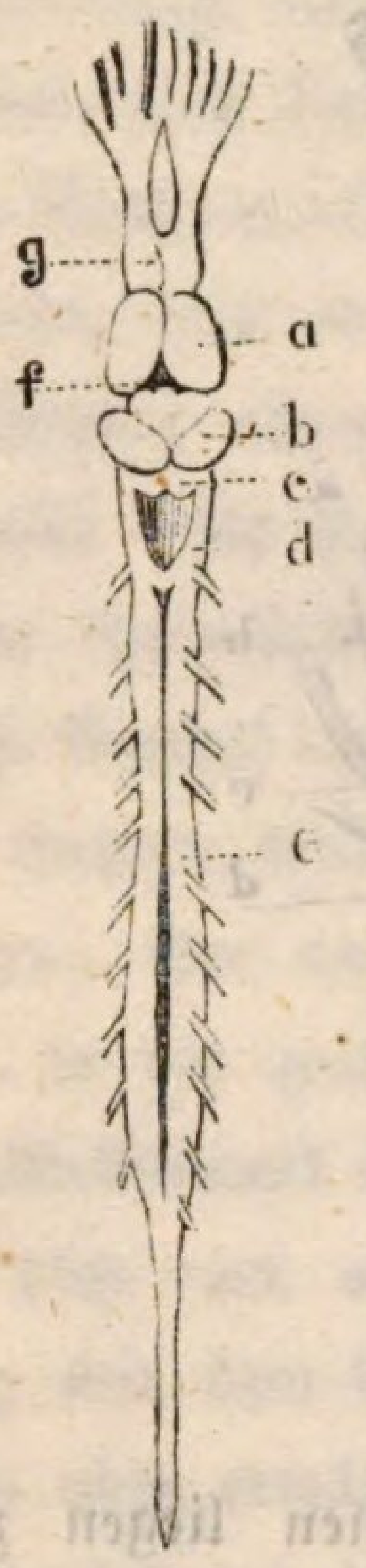
---

*) Gehirn eines Hechtes. a Riechnerven. b Hemisphären des großen Gehirns. c Mittelhirn. d kleines Gehirn.

**) Gehirn eines Stockfisches. Die Buchstaben gleichbedeutend wie in Fig. 127. — Beide Figuren nach Leuret: Anatomie comparée du système nerveux. —

Gehirns eines Frosches (Fig. 129). Von vorn beginnend sehen wir hier zunächst die ganglıösen Wurzeln des Riechnerven von den Hemisphären des großen Gehirns (Fig. 129 a) entspringen; hinter dem großen Gehirn folgt das Mittelhirn; hinter diesem liegt bandartig das kleine Gehirn und hinter diesem wieder das sich in das Rückenmark fortsetzende verlängerte Mark.

Fig. 129. *)



Bei den Vögeln stoßen wir schon auf bedeutender abweichende Verhältnisse. Das große Gehirn ist vorwiegend entwickelt; es hat die Vierhügel nicht nur theilweise überragt, sondern auch zur Seite gedrängt und stößt jetzt unmittelbar an das hier ebenfalls schon sehr entwickelte kleine Gehirn. An diesem erkennen wir hier zuerst ein blättriges Gefüge. Unter ihm tritt das verlängerte Mark wieder, nach hinten verlaufend, hervor. Als Beispiele dieser Anordnung wählen wir das Gehirn des Habichts (Falco palumbarius). Fig. 130 zeigt uns dasselbe von oben gesehen, Fig. 131 von der Seite,

Fig. 130. **)

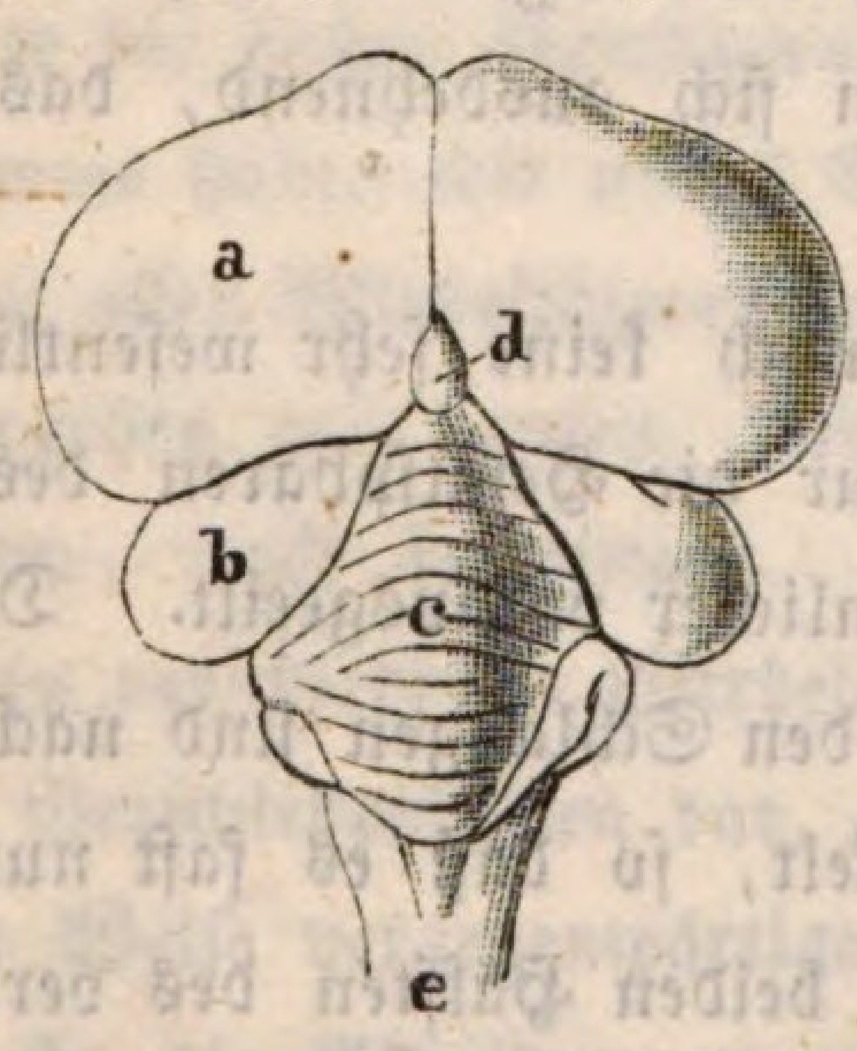
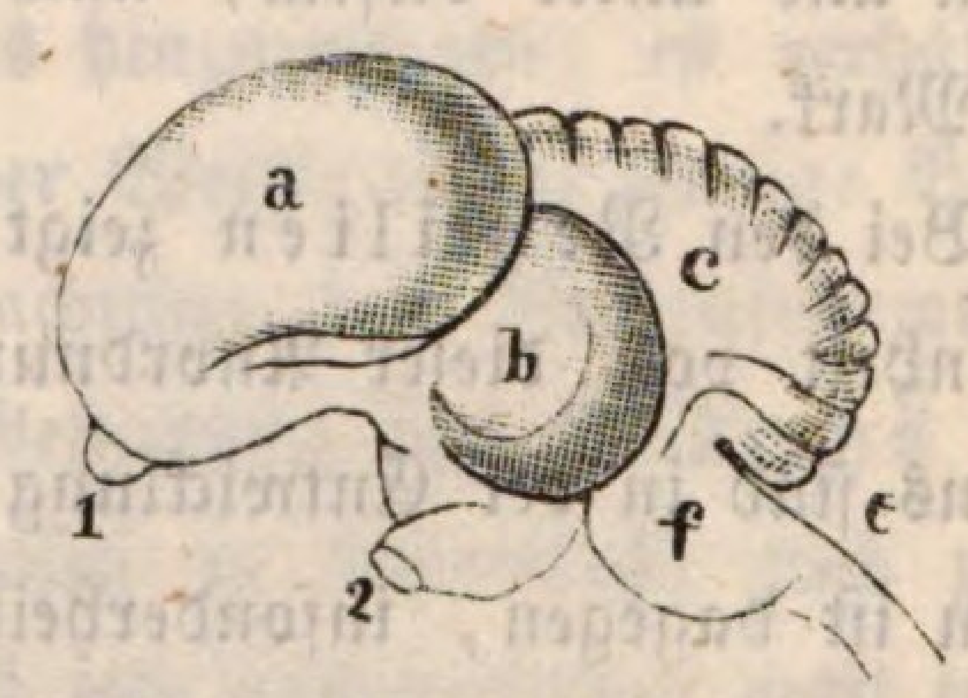


Fig. 131. ***)



---

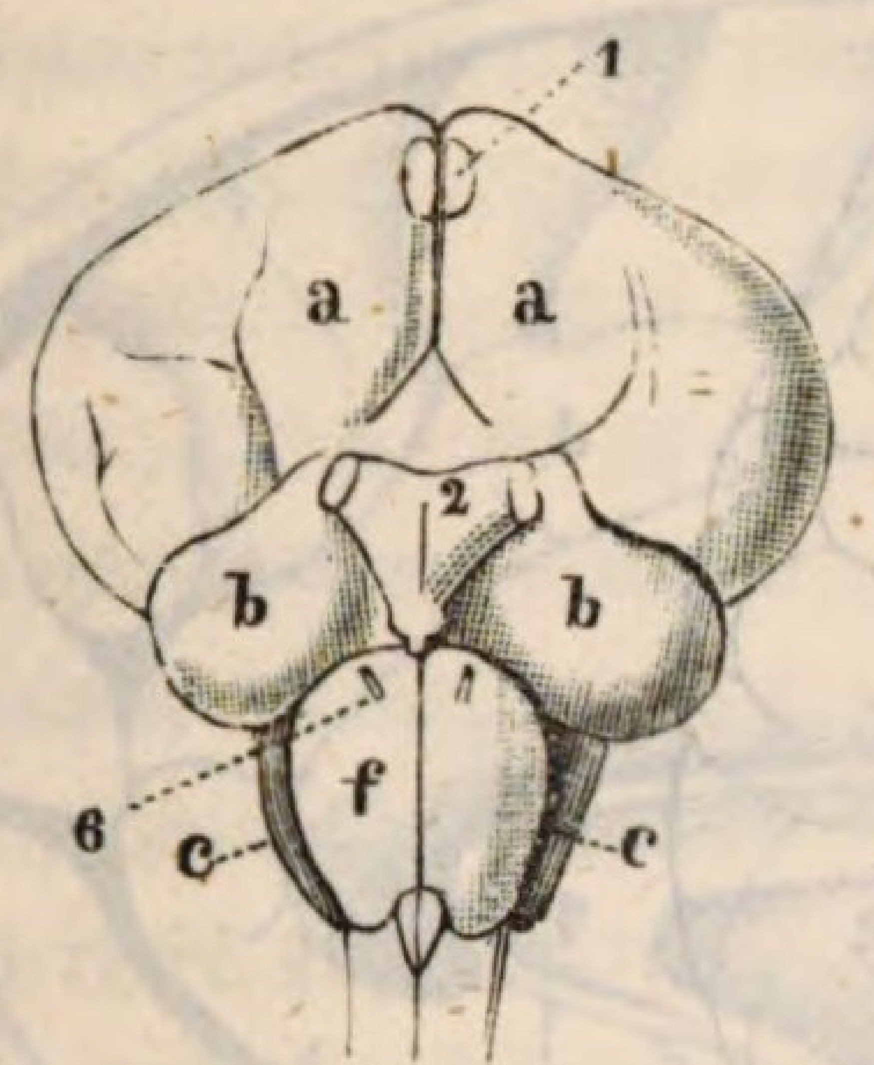
*) Gehirn und Rückenmark eines Frosches. a Hemisphären des großen Gehirns. b Mittelhirn (Vierhügel). c kleines Gehirn. d verlängertes Mark. e Rückenmark. f Zirbeldrüse. g Riechnerven. (Nach R. Wagner Icon. zootom. Taf. XVII. Fig. 2.)

**) Gehirn des Habichts. a Hemisphären des großen Gehirns. b Vierhügel. c Kleines Gehirn. d Zirbeldrüse. e Verlängertes Mark.

***) Dasselbe von der Seite. 1 Riechnerv. 2 Sehnerv. f Brücke.

Fig. 132 von unten. — Der Fortschritt in der Ausbildung des großen und kleinen Gehirns tritt auffallend hervor.

Fig. 132.*)



Bei den Säugethieren endlich ist die Entwicklung noch weiter vorgeschritten. Es nimmt insonderheit das große Gehirn wieder, entsprechend der Zunahme geistiger Fähigkeiten, mehr und mehr an Umfang zu. An seiner Oberfläche treten dabei nach und nach Furchen und Erhabenheiten, die sog. Windungen hervor, und namentlich diese scheinen nach Huschke's neuerdings gelieferter trefflicher Darstellung,**) welche in engster Beziehung zu der Entwicklung geistiger Fähigkeiten stehen. Sein hinterer Theil entwickelt sich ferner nach und nach so sehr, daß er schließlich (bei den Affen) das kleine Gehirn überragt. Mittelhirn und verlängertes Mark sind in Folge des vorwiegenden Wachsthums des großen und kleinen Gehirns ganz von diesen bedeckt. Als Beispiele geben wir die Abbildungen des Gehirns eines Kaninchens (Fig. 133 u. 134)

Fig. 133.***)

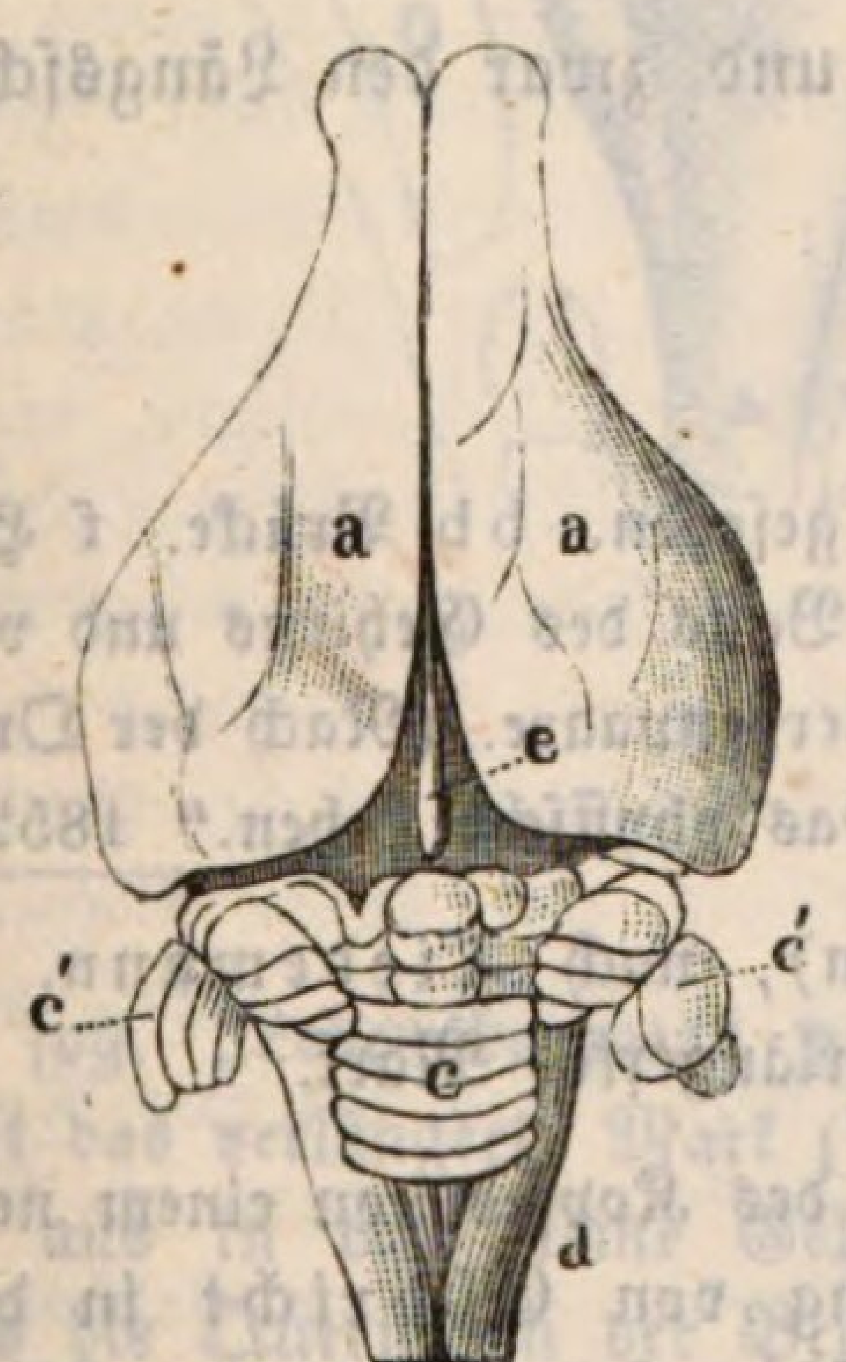
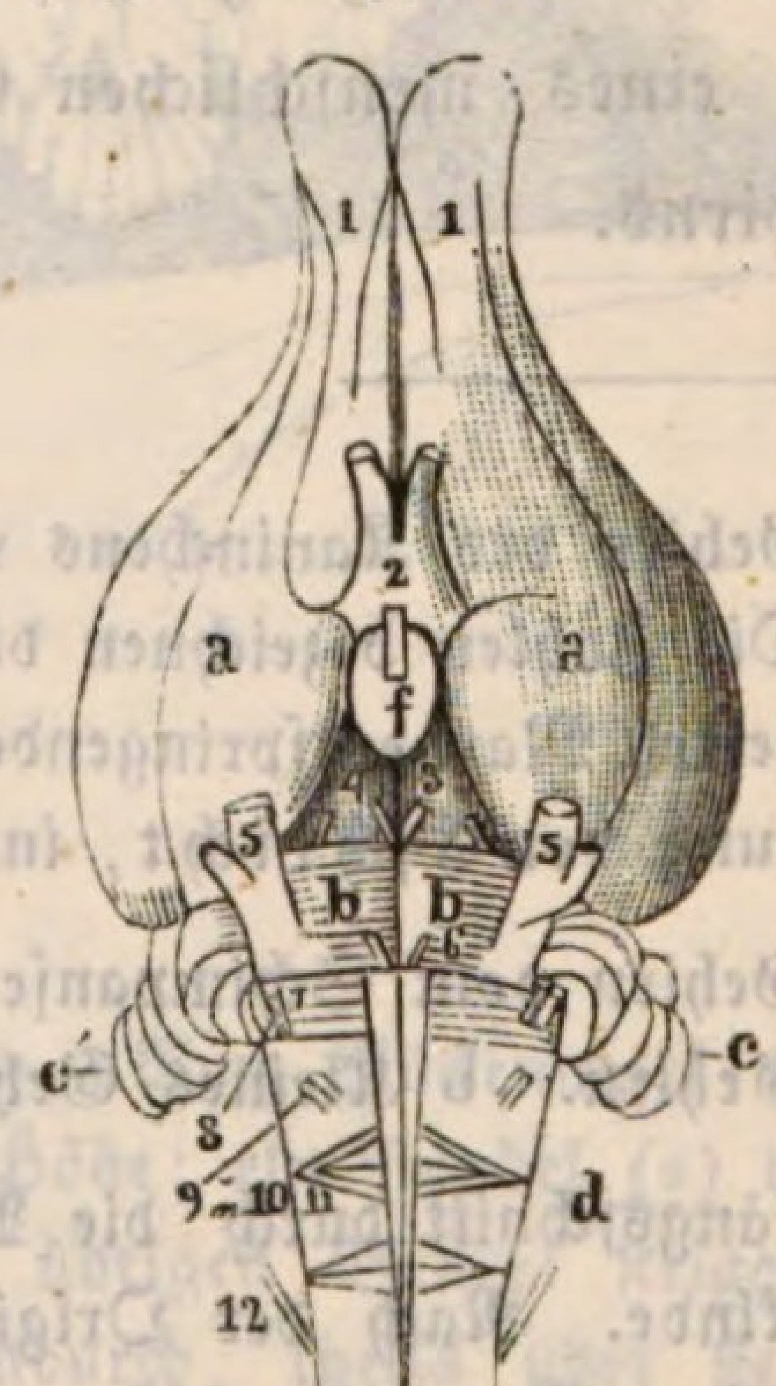


Fig. 134.†) a. f. S.



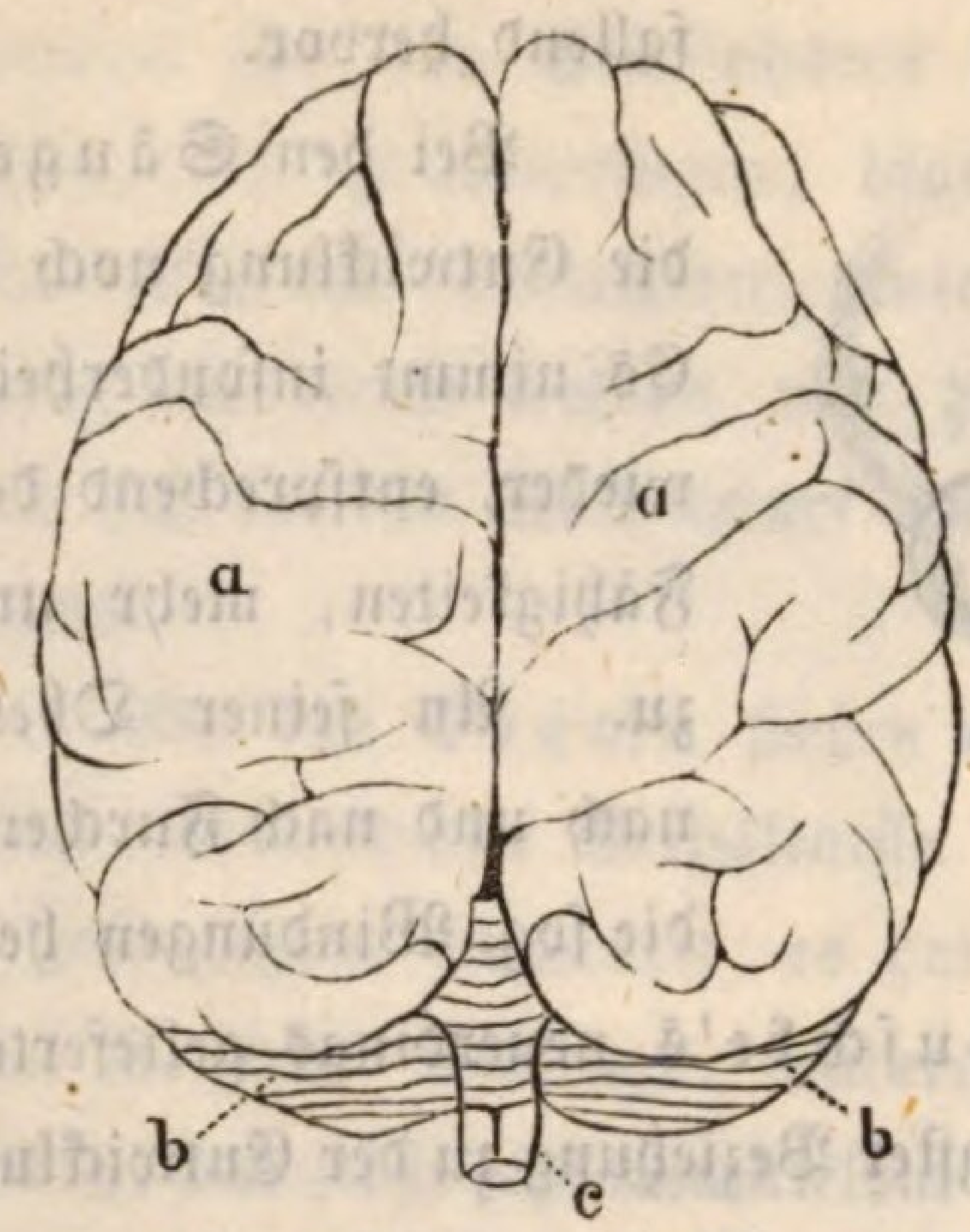
*) Gehirn des Habichts von unten. 6 nerv. abducens. (Fig. 130, 131 und 132 nach Rud. Wagner: Icon. zootom. Taf. XII. Fig. 2, 3, 4.)

**) S. dessen „Schädel, Hirn und Seele." S. 132.

***) Gehirn des Kaninchens (von oben gesehen). a Hemisphären des großen Gehirns. c Mittlerer, c' c' seitliche Theile des kleinen Gehirns. d Verlängertes Mark. e Zirbeldrüse.

und eines Affen (Fig. 135). — Beim Menschen hat das Gehirn den

Fig 135. *)



höchsten Grad der Ausbildung erlangt. Das große Gehirn überwiegt alle übrigen Theile ganz bedeutend an Größe; es zeichnet sich durch die große Anzahl und scharfe Ausprägung seiner Windungen an der Oberfläche aus, und bedeckt, von oben gesehen, das Mittelhirn und selbst das kleine Gehirn ganz. In Fig. 136 (a. f. S.)**) sehen wir die Abbildung eines menschlichen Gehirnes und zwar den Längsschnitt eines Kinderhirns.

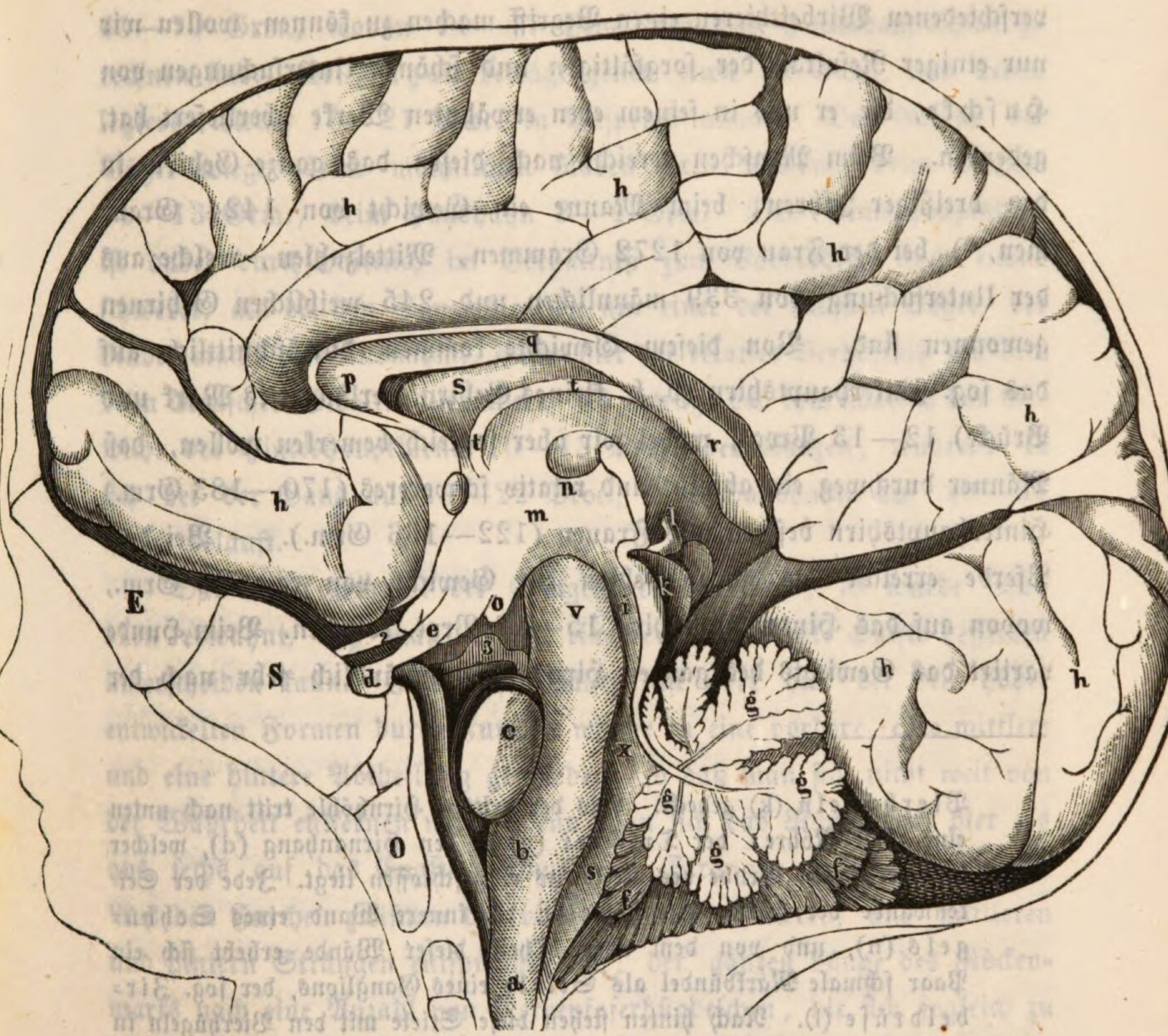
---

†) Gehirn des Kaninchens von unten gesehen. b b Brücke. f Hirnanhang. Die Zahlen bezeichnen die von der Basis des Gehirns und vom verlängerten Mark entspringenden zwölf Nervenpaare. (Nach der Originalzeichnung von Eschricht, in dessen „Das physische Leben." 1852. S. 299.)

*) Gehirn vom Schimpanse (von oben), nach Tiedemann. a Großes Gehirn. b Kleines Gehirn. c verlängertes Mark.

**) Längsschnitt durch die Mittellinie des Kopfes von einem neugeborenen Kinde. Nach der Originalzeichnung von Eschricht in dessen trefflichen Vorträgen über das „physische Leben." 1852. S. 294. Wir geben Eschricht's Beschreibung nachstehend fast wörtlich wieder: „Vom großen Gehirn liegt die inwendige Fläche der rechten Hälfte (h h h), vom kleinen Gehirn ebenfalls die inwendige Fläche des rechten Seitentheils (f f) unverletzt am Tage. Am mittleren Theile des kleinen Gehirns (g g) sieht man, wie sich die Nervenröhrenmasse wiederholt in Platten theilt, die von grauer Hirnmasse bekleidet sind und das Bild

Fig. 136.



des sog. „Lebensbaumes" darbieten. — Vom Rückenmark (a) aus steigt das verlängerte Mark (b) in die Höhe; ein Bündel (s) tritt von ihm aus in das kleine Gehirn. Die übrigen Bündel steigen theils durch die Querfasern der Brücke (c) hindurch, theils über sie hinweg nach oben (v), um durch die **Sehhügel** (n) und gestreiften Hügel in die Gehirnmasse fächerförmig auszustrahlen. Unter (vor) dem kleinen Gehirn liegt die **vierte Hirnhöhle** (x), die nach unten offen ist und sich in den sog. Centralkanal des Rückenmarks fortsetzt, nach oben aber durch den sog. **Sylvischen Gang** (i) mit der dritten Hirnhöhle (m) in Verbindung steht. Dieser Gang wird vom kleinen Gehirn aus erst von einer sehr dünnen **Markplatte**, dann von den

Um uns von den Größenverhältnissen der einzelnen Hirntheile bei verschiedenen Wirbelthieren einen Begriff machen zu können, wollen wir nur einiger Resultate der sorgfältigen und schönen Untersuchungen von Huschke, die er uns in seinem eben erwähnten Werke überliefert hat, gedenken. Beim Menschen erreicht nach diesen das ganze Gehirn in den dreißiger Jahren, beim Manne ein Gewicht von 1424 Grammen,*) bei der Frau von 1272 Grammen, Mittelzahlen, welche aus der Untersuchung von 339 männlichen und 245 weiblichen Gehirnen gewonnen sind. Von diesem Gewichte kommen durchschnittlich auf das sog. Hinterhauptshirn (d. h. kleines Gehirn, verlängertes Mark und Brücke) 12—13 Proc., wobei wir aber sogleich bemerken wollen, daß Männer durchweg ein absolut und relativ schwereres (170—183 Grm.) Hinterhauptshirn besitzen, als Frauen (122—166 Grm.). — Bei dem Pferde erreicht das ganze Gehirn ein Gewicht von ca. 628 Grm., wovon auf das Hinterhauptshirn 15—17 Proc. kommen. Beim Hunde variirt das Gewichts des ganzen Hirns selbstverständlich sehr nach der

---

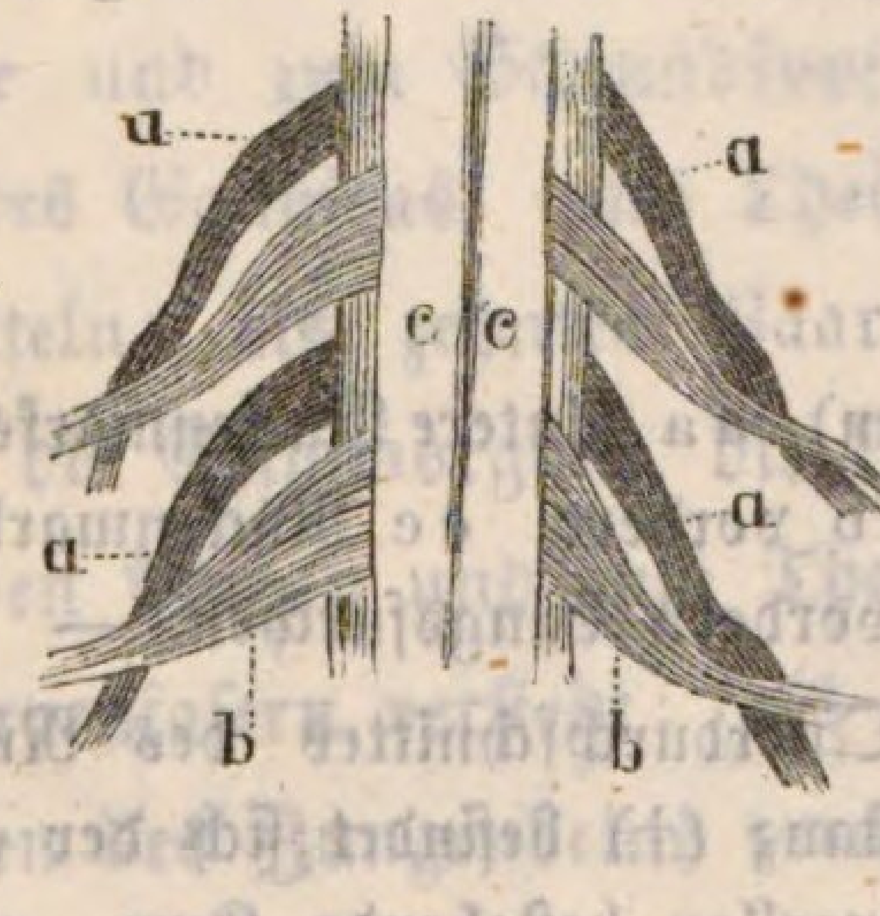
Vierhügeln (k) gedeckt. Aus der dritten Hirnhöhle tritt nach unten eine zarte Röhre: der Trichter (e) in den Hirnanhang (d), welcher in einer tiefen Grube des Keilbeins eingeschlossen liegt. Jede der Seitenwände der dritten Hirnhöhle ist die innere Wand eines Sehhügels (n), und von dem obern Theile dieser Wände erhebt sich ein Paar schmale Markbündel als Stiele eines Ganglions, der sog. Zirbeldrüse (l). Nach hinten stehen diese Stiele mit den Vierhügeln in Verbindung und treten als eine Gränzfalte zwischen der dritten Hirnhöhle und jenem Gange (i) herab. Diese Falte wird die hintere Hirncommissur genannt. Ein Hauptgebilde ist der Balken (pqr), von welchem dicht an der Mittellinie eine dünne Nervenplatte, die durchsichtige Scheidewand (s) herabsteigt. Diese befestigt sich wieder an dem Gewölbe (tt). Es wird dieses von zwei Nervenbündeln gebildet, die sich an jeder Seite fast kreisförmig um die Ausstrahlung der übrigen winden. Sie steigen nämlich aus den Sehhügeln hervor, gelangen bis an die untere Fläche des Gehirns, biegen sich hier um, welche Umbiegung den Namen „der Warzenkörper" (o) erhalten hat, erheben sich darauf als eigentliches Gewölbe (t) und winden sich wieder unter dem Balken nach außen auf die untere Gehirnfläche herab. — E Das durchschnittene Siebbein. S Das Keilbein. O Das Hinterhauptsbein. —

*) 1000 Gramm = 1 Kilogramm sind = 2 Pfund Zollvereinsgewicht.

Größe des Thieres; bei den größeren Racen beläuft es sich aber auf 60—70 Grm., wovon 14—17 Proc. auf das Hinterhauptshirn zu rechnen sind. Bei Katzen beträgt jenes etwa 29 Grm., von denen letzteres wieder 18—21 Proc. in Anspruch nimmt. Das Gehirn der Vögel wiegt: beim männlichen Raben circa 9 Grm., beim Gansert 11—13 Grm., beim Haushahn 2—4 Grm. Das Hinterhauptshirn ist dabei durchschnittlich im Verhältniß zum Vorderhirn noch etwas schwerer, als bei den Säugethieren; nur einer der klügsten Vögel, der Rabe, macht eine Ausnahme, indem hier das relative Verhältniß sich dem beim Menschen obwaltenden nähert. Es beträgt bei ihm nämlich das Gewicht des Hinterhaupthirns 10—13 Proc. des Ganzen, während es sich bei der Gans auf 19—22 Proc., beim Haushahn auf 20—24 Proc. beläuft.

Das Rückenmark der Säugethiere betreffend, so wurde schon oben erwähnt, daß man überall eine rechte und linke Hälfte desselben unterscheiden kann. Jede dieser Hälften ist aber hier bei den höher entwickelten Formen durch Furchen wieder in eine vordere, eine mittlere und eine hintere Abtheilung geschieden, so daß man sich nicht weit von der Wahrheit entfernen wird, wenn man sich das Rückenmark hier als aus sechs auf das Engste verbundenen Strängen bestehend vorstellt. Aus den Furchen zwischen den vorderen und mittleren, und mittleren und hintern Strängen entspringt nun, der ganzen Länge des Rückenmarks nach eine Anzahl von Nervenfaserbündelchen, die sich sogleich zu größern Bündeln zusammenfügen (Fig. 137). Jedes von der hintern

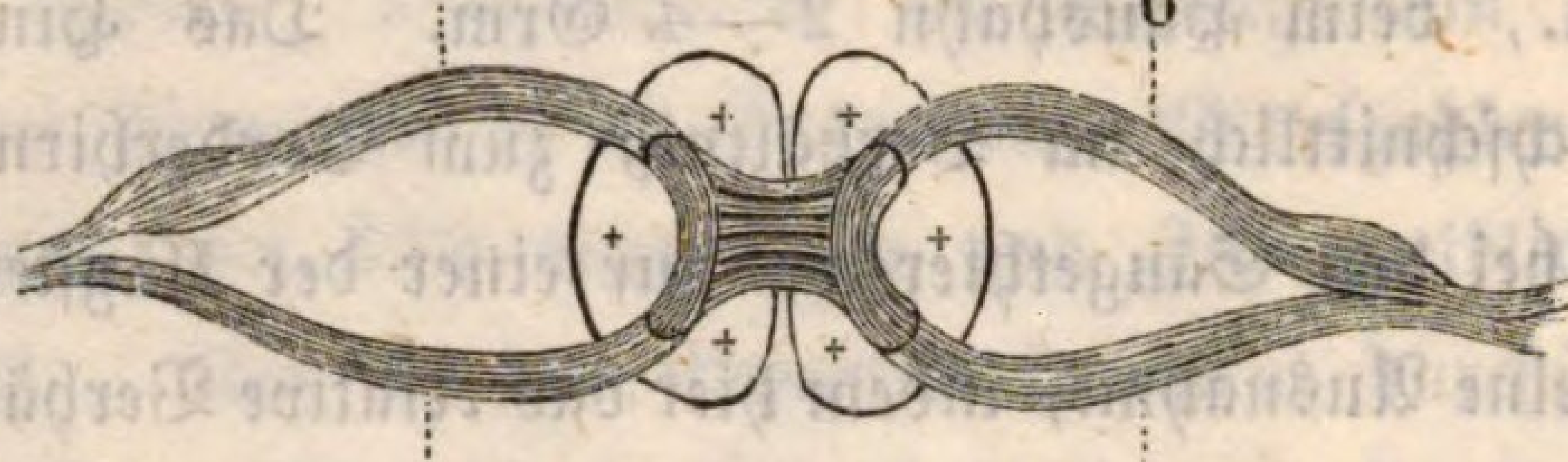
Fig. 137. *)



*) Schema des Austritts der Rückenmarksnerven aus dem Rückenmark

Furche auslaufende Bündel eines hintern Stranges bildet sodann alsbald eine gangliöse Anschwellung und verbindet sich darnach mit je einem Bündel des vordern Stranges derselben Seite (Fig. 138) und beide,

Fig. 138. *)



in eine gemeinschaftliche Zellgewebsscheide eingeschlossen, verlassen nun, durch die zwischen den Wirbelkörpern befindlichen Oeffnungen hindurchtretend, den Rückenmarkskanal, um sich in der Peripherie des Körpers zu verbreiten. Die Zahl der in dieser Weise aus dem Rückenmarkskanal hervortretenden Nervenbündel ist bei verschiedenen Wirbelthieren verschieden. Schon hier aber wollen wir eines den Namen von Charles Bell verewigenden Fundamentalsatzes der Nervenphysiologie gedenken, des Satzes nämlich, daß die von den hintern Strängen des Rückenmarks entspringenden Nervenbündel nur aus Empfindungen leitenden, sog. sensibeln Fasern, die von den vordern entspringenden dagegen nur aus Bewegung vermittelnden, sog. motorischen Fasern bestehen. Die vorstehende Abbildung eines Theiles des Rückenmarkes (Fig. 137 u. 138) wird die Anordnung der Rückenmarksstränge, so wie die übrigen eben erwähnten Verhältnisse klar machen. —

(von vorn gesehen), a a hintere Rückenmarksnerven mit einer gangliösen Anschwellung, b b vordere, c c Rückenmark mit der mittleren und den beiden seitlichen vordern Längsfurchen. —

*) Schema eines Querdurchschnittes des Rückenmarkes. In der Mitte der weißen Substanz (†) befindet sich der graue, kreuzförmige, wesentlich aus Ganglienzellen bestehende Kern, von dessen vordern und hintern Hörnern die Fasern der vordern (a) und hintern (b) Rückenmarksnerven auslaufen.

Mit den vom Gehirn entspringenden Nerven verhält es sich anders. Sie laufen sämmtlich von der Basis des Gehirns aus, haben aber nichts desto weniger theils motorische, theils sensible Eigenschaften, wornach darauf zu schließen ist, daß sie, ähnlich den sensibeln und motorischen Fasern des Rückenmarks, auch verschiedenen Centraltheilen zugehören. Auch die Zahl dieser Gehirnnerven variirt bei verschiedenen Wirbelthieren; der die Mimik der höhern Thiere bedingende Gesichtsnerv schwindet z. B. bald bei den weniger hoch entwickelten. Bei jenen finden sich dagegen allgemeine zwölf Paare, von denen zwar einige ihren Ursprung vom eigentlichen Rückenmark nehmen, in so fern aber doch hierher gezählt werden, als sie durch Oeffnungen im Schädel, wie die übrigen Gehirnnerven hervortreten. Es folgen diese zwölf Paare, deren Kenntniß ein allgemeines Interesse hat, in folgender Reihe: Zunächst nach vorn liegt das Riechnervenpaar; ihm folgt der Sehnerv, der die Gesichtsempfindungen vermittelt; sodann der das Auge bewegende und zu der Mehrzahl seiner Muskeln tretende Nerv; sodann der pathetische Nerv, der, zu einem besondern Muskel gehend, das Auge nach oben rollt und ihm den Ausdruck des Erhabenen verleiht; sodann der dreigetheilte Nerv, der, ähnlich den Rückenmarksnerven, aus einer vordern und hintern Wurzel besteht und fast allen Gesichtstheilen die Empfindlichkeit verleiht. Als sechstes Paar folgt der das Auge nach auswärts wendende, den verächtlichen Blick hervorrufende Nerv, der sog. Nerv. abducens; als siebentes Paar der Gesichtsnerv, der das mimische Spiel der Gesichtsmuskeln leitet; als achtes Paar der Gehörnerv, der sich in dem Innern des Ohres verbreitet, und den Eindruck der Schallwellen zum Gehirn fortleitet; als neuntes der Zungenschlundkopfnerv, der zur Zunge und zum Schlundkopf geht, um die Bewegungen der Zunge und des Gaumens, zum Theil auch die Geschmacksempfindungen zu vermitteln; als zehntes Paar der herumschweifende Nerv, Nerv. vagus, der die Stimmorgane, die Lungen, zum Theil das Herz, das Zwerchfell, den Magen und zum Theil die Leber mit motorischen und sensibeln Nervenfasern versieht; als elftes der Zungenbeinnerv, der die Bewegungen des Zungenbeins vermittelt und als zwölftes Paar endlich der Beinerv des zehnten Paares, der diesem motorische,

aber auch sensible aus dem Rückenmark entspringende Fasern beimischt. —

So schreitet der Bau des Nervensystems von der einfachsten Form, von seinem Bestande aus wenigen Fasern, bis zu dem complicirtesten Apparate fort. Bei den Echinodermen nur aus ringförmig verbundenen Fasern bestehend, zeigt es bei den Würmern zuerst eine Scheidung in centrale und peripherische Theile, in Ganglien und Nerven. Die ganglionären Anschwellungen als Centraltheile nehmen dann immer mehr an Größe und Umfang zu (so in der Classe der Weichthiere) oder mehren sich an Zahl (so bei den Gliederthieren), bis endlich Gehirn und Rückenmark als mächtige Centraltheile den peripherisch verlaufenden Nerven gegenüberstehen. Von einem besondern Eingeweidenervensystem findet sich bei den Stachelhäutern nichts, bei den kopflosen Weichthieren tritt dasselbe zuerst andeutungsweise in Form einzelner Fasern auf, bis sich bei den höhern Weichthieren auch eigne Centraltheile für dieses System bilden, die, ebenfalls wieder an Zahl und Größe zunehmend, endlich auch wieder in den höhern Wirbelthieren die höchste Ausbildung erlangen und in ihrer Verbindung mit Rückenmark und Gehirn die so wichtige Verbindung der vegetativen und animalen Lebensvorgänge vermitteln. — Wir sehen in diesen Verhältnissen das Princip der Arbeitstheilung, als das den Aufbau des Thierreichs regelnde und von Milne-Edward's so geistreich entwickelte, dargelegt. Anfangs gar kein besonderes Organ, kein besonderer Apparat zur Vermittlung von Empfindungen und Bewegungen, dann einzelne, wenige Nervenfasern, dann centrale und peripherische Theile, Ganglien und Nervenfasern, dann ständige Vermehrung dieser Theile und schließlich noch ein besonderes System von Fasern und Ganglien zur Regulirung gewisser vegetativer Vorgänge. Die Ansprüche an das Thier wachsen von Stufe zu Stufe, seine Aufgaben, seine Arbeiten werden größer und umfangreicher, und um ihnen Genüge leisten zu können, wählte die Natur das Mittel einer Vertheilung der Arbeit an immer mehre gleichartige oder verschiedene Organe.

Wir haben bis dahin nur von dem Bau des Nervensystems und seinen elementaren Formbestandtheilen gesprochen. Woraus aber sind

dieselben zusammengesetzt? Wie verhält sich der Form gegenüber die Mischung? Wie in Betreff der feinern anatomischen Verhältnisse, so befinden wir uns auch hier noch sehr am Eingange einer tieferen Erkenntniß; wir müssen es beklagen, daß, wie überall, so auch hier der vergleichend anatomischen Untersuchung nur noch sehr vereinzelt die für den Ausbau einer vergleichenden Physiologie so dringend erforderliche vergleichende Chemie zur Seite steht. Dennoch aber ist auch in dieser Beziehung neuerdings ein schöner Anfang gemacht, und, wie wir im Allgemeinen anerkennend das Unternehmen Schloßberger's, in einem größeren Werke die vergleichend-chemischen, bisher ermittelten Thatsachen zusammenzustellen, hervorheben müssen, so haben wir in Bezug auf unsern besondern Gegenstand seiner eigenen Arbeiten sowohl, als insonderheit der trefflichen Forschungen von Bibra's, denen sich die von Hauff, Walther, Lehmann u. A. anschließen, zu gedenken. — Im Allgemeinen hat sich aus denselben ergeben, daß verschiedene Theile des Nervensystems auch eine verschiedene chemische Zusammensetzung haben; es zeigt sich jedoch diese Verschiedenheit nicht sowohl in der Qualität der constituirenden Mischungsbestandtheile, als in deren Quantität. Ueberall finden sich Wasser (zwischen 65 und 85 Proc.), eiweißartige Verbindungen, eine mit Unrecht bisher den Fettsäuren zugezählte phosphor- und stickstoffhaltige Säure, die sog. Cerebrinsäure, eine ebenfalls wohl unrichtig bisher den Fetten beigezählte phosphor- und stickstofffreie Verbindung, das sog. Cholestearin, *) verschiedene zum Theil phosphorhaltige Fettsäuren (u. a. Frémy's Oleophosphorsäure **) und unorganische Verbindungen, insonderheit

*) Vgl. über diese Stoffe: Schloßberger's Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Thierchemie. 1854. Abschnitt: Nervengewebe. S. 33 fg. — Die Formel für die Cerebrinsäure ist nach Frémy $= C_{54} H_{50} NO_{12}$ (mit Vernachlässigung des Phosphorgehaltes); die Formel für das Cholestearin nach Heintz $= C_{28} H_{24} O$. — Schloßberger weist zuerst auf die sehr interessante und wichtige Beziehung dieser Stoffe zu den wesentlichen Bestandtheilen der Galle und namentlich auf die Analogie der Zusammensetzung der Cerebrinsäure mit der der Cholsäure ($C_{52} H_{43} NO_{12}$ nach Strecker), einem Hauptbestandtheil der Galle, hin. —

**) Wir wollen es nicht unbemerkt lassen, daß Gobley die Oleophosphor-

phosphorsaures Kali, phosphorsaures Natron, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, phosphorsaures Eisenoxyd, Kochsalz und schwefelsaures Kali als die wesentlichsten Bestandtheile vor. Die Mengenverhältnisse dieser Bestandtheile variiren nun aber in verschiedenen Theilen des Nervensystems und bei verschiedenen Thieren beträchtlich, so daß es in der That unmöglich ist, eine allgemeine chemische Formel für die Zusammensetzung der Nervensubstanz aufzustellen. So fanden Hauff und Walther im menschlichen Gehirn:

in der grauen Substanz: 84,8—86,6 Proc. Wasser u. 4,85 Proc. Aetherextract, *)

in der weißen Substanz: 69,6—70,6 Proc. Wasser u. 14,9—16,9 Proc. Aetherextract;

so fand ferner von Bibra, daß beim Menschen und den bis dahin untersuchten Säugethieren und Vögeln der Fettgehalt des Rückenmarks größer sei, als der des Gehirns; z. B. verhielt sich der Fettgehalt des Gehirns zu dem des Rückenmarks beim Menschen = 14,4 Proc. : 25,45 Proc.; bei der Katze = 13,1 Proc. : 22,46 Proc.; der Wassergehalt und der Gehalt an eiweißartigen Verbindungen dagegen im Rückenmark geringer sei, als im Gehirn. Ebenfalls von v. Bibra wurde fernerhin ermittelt, daß trotz des im Ganzen größern sog. Fettgehaltes im Rückenmark die Menge der phosphorhaltigen Cerebrinsäure in diesem doch geringer sei als im Gehirn. Und in gleicher Weise

---

säure sowohl, als die Cerebrinsäure und das Cholestearin sowohl im Dotter des Hühnereies, als in den Eiern und der sog. Milch der Karpfen, so wie auch im Blute gefunden haben will. „Es wären hiernach," sagt Schloßberger, „die merkwürdigsten Stoffe des Nervengewebes schon im Blute und Ei vorgebildet, und sie brauchten dann nicht in den nervösen Elementarorganen erzeugt, sondern nur von denselben vorzugsweise angezogen und organisch abgelagert zu werden." —

*) Es sind dies die eigenthümlichen, als sog. Gehirnfette bezeichneten, in Aether löslichen Stoffe, welche wir oben als Cerebrinsäure, Cholestearin und fette Säuren aufgeführt haben.

finden sich bedeutende Verschiedenheiten bei verschiedenen Thieren. Bei den Vögeln u. A. ist der Wassergehalt des Gehirns und Rückenmarks größer, als bei den Säugethieren und dem Menschen; der Fettgehalt des Gehirns und Rückenmarks ist dagegen fast durchgehends bei den Thieren um so geringer, je niedriger das Thier in der Thierreihe steht. Es ist dieser Befund in der That von hohem Interesse und um so mehr, als man bis dahin mehrfach der Ansicht war, daß der Phosphorgehalt des Gehirns eine besondere Beziehung zu der höhern oder geringern Intelligenz, den Leistungen des Thieres überhaupt, besitze. Allein abgesehen davon, daß man sich von der Art des Vorkommens und der Verbindung des Phosphors im Gehirn eine ganz unrichtige Vorstellung machte, daß man annahm, der Phosphor sei als ein ungebundener Körper in der Nervensubstanz gelöst, von Bibra hat durch seine Untersuchungen dieser Ansicht wohl jeden Grund genommen. „Ich „bin," sagt er, „durch eine Reihe von Untersuchungen zu der Ueber„zeugung gelangt, daß der Phosphor, welcher im Gehirn gefunden „wird, zwar unbedingt ein integrirender Bestandtheil mehrer „Fette" „desselben ist, und mithin ohne Zweifel auch unumgänglich nöthig ist „für die Zusammensetzung des Gehirns überhaupt; daß aber eine grö„ßere oder geringere Menge dieses Körpers keineswegs mehr oder „weniger Intelligenz bedingt, Blödsinn oder Tobsucht erzeugt, oder „daß sich bei höher stehenden Thieren eine größere Menge derselben „nachweisen ließe, als bei niedern Classen. Die Phosphormenge, welche „im „Gehirnfette" gefunden wird, wechselt bei den verschiedenen Thier„classen, ohne irgendwie im Verhältnisse zu stehen mit der höhern oder „niedern Stufe, auf welcher das Thier steht." *) — Wohl will es dagegen nach den bisherigen Untersuchungen scheinen, daß die bislang als „Fette" bezeichneten Stoffe allerdings in einer nähern Beziehung zu der Intelligenz stehen, als irgend ein andrer Bestandtheil. Nach von Bibra ist das Gewicht des Gehirns eines Thieres im Verhältniß zu dem Gewicht des übrigen Körpers um so größer, je höher das Thier in der Thierreihe steht; aber in ganz gleicher Weise nimmt

*) Liebig und Wöhler's Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 91. Hft. 1.

auch der Fettgehalt in aufsteigender Reihe zu. So z. B. betrug der Gesammtgehalt des Gehirns an in Aether löslichen Stoffen in je 100 Theilen der ganzen Masse:

beim Frosch	7 — 8	Proc.
„ Feldhuhn	9	„
bei der Gans	10	„
beim Falken	13,8	„
bei der Maus	7 — 9	„
beim Kaninchen	9	„
„ Schaaf	14	„
„ Pferd	16	„
„ Hund	15—17	„
„ Menschen	14,4	„

Und auffallend genug, fand sich eine Ausnahme von dem ersten Gesetze, war das Gehirn eines niedriger stehenden Thieres relativ größer, als das eines unbedingt über ihm stehenden, so hatte das Gehirn einen um so geringeren Fettgehalt, während umgekehrt relativ sehr kleine Gehirne einen sehr großen Fettgehalt zeigten. — Von einer andern Seite her verdanken wir wieder Schloßberger sehr interessante Mittheilungen, und zwar betreffen dieselben die unorganischen Bestandtheile der Gehirnsubstanz. Schloßberger fand nämlich, daß die früher schon von Lassaigne in einem einzelnen Falle und an einem kranken Gehirn gemachte Beobachtung einer alkalischen Reaction der Asche der grauen Rindensubstanz und einer sauren Reaction der Asche der weißen Substanz auch für das normale Gehirn des Menschen und der höhern Säugethiere Geltung habe. Wir werden damit auf das Vorhandensein chemischer Gegensätze in der Gehirnsubstanz aufmerksam gemacht, und daß diese nicht ohne Einfluß auf die Ernährungsvorgänge der Nervencentra selbst sowohl, als auf electrische Vorgänge sein können, wurde schon früher einmal hervorgehoben (S. Bd. I. S. 300).

Doch es sind das Alles nur Anfänge. Ueberaus lückenhaft sind bis dahin unsere Kenntnisse von dem feinern Bau, wie von der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Theile des Nervensystems. —

Wenn aber Anatomie und Chemie, verbunden mit der Physik das Fundament aller Physiologie des thierischen Organismus bilden, können wir dann bei dem gegenwärtigen Stande der Dinge schon eine ausreichende Erklärung der vom Nervensystem ausgehenden Lebenserscheinungen auch nur erwarten? — Groß ist die Zahl bedeutender Physiologen, die sich mit bewundernswerthem Fleiß und Geschick diesem schwierigen Gebiete der Forschung zuwandten; durch die Arbeiten eines Charles Bell, Magendie, Joh. Müller, Longet, Rud. Wagner, Bernard, Marshall-Hall, Volkmann, Ludwig, Budge, Schiff u. A. ist bereits eine lange Reihe physiologischer Thatsachen entwickelt; aber dennoch stehen wir hier mehr, als in irgend einen andern Theil der Physiologie am Eingange, und fragen wir gar nach dem innern Wesen und dem letzten Grunde der Nerventhätigkeit, so beginnt erst eben durch die freilich bewunderungswürdigen Arbeiten du Bois-Reymonds ein Lichtstrahl das tiefste Dunkel zu erhellen. Dürftig kann also auch das nur ausfallen, was wir in Folgendem über die Verrichtungen des Nervensystems mittheilen können. Was bis dahin jedoch als Resultat langjähriger Forschungen gewonnen ist, wollen wir in seinen wesentlichen Zügen und so weit es Gegenstand allgemeiner physiologischer Betrachtungen sein kann, zusammenzufassen suchen. —

Was ist es zunächst, das sich in den Nervenröhren und Nervenzellen umtreibt, die Kraft, die an jene gefesselt und in ihnen erzeugt, in tausend Erscheinungen des thierischen Lebens sich kundgiebt? Ist es eine besondere Nervenkraft, ein Imponderabile eigener Natur? Sind es Schwingungen, die sich, wie in einer Flüssigkeit, mit Schnelligkeit durch den Inhalt der Nervenröhren, bald in dieser, bald in jener Richtung fortpflanzen? Ist es ein elektrischer Strom, der sich, wie an den Drähten eines elektro-magnetischen Apparates, die Nervenröhren entlang verbreitet und an den centralen oder peripherischen Enden derselben zur Wirkung kommt? Wir deuteten es so eben schon an, daß erst in jüngster Zeit ein erster Lichtstrahl auf diese bisher in vollstes Dunkel gehüllten Fragen fiel; denn ob auch die schon länger gehegte und oftmals ausgesprochene Vermuthung, daß es sich im Nervensystem um elektrische Vorgänge handle, um so mehr an Wahrscheinlichkeit ge-

wann, je weiter die Einsicht in das weite Gebiet dieser Vorgänge sowohl, als die Leistungen des Nervensystems selbst vordrang, es fehlte jener Vermuthung bis dahin noch immer die thatsächliche Stütze, der experimentelle Beweis. Seit wenigen Jahren aber sind wir im Besitze eines solchen, und es ist du Bois-Reymond's unsterbliches Verdienst, denselben mit einer bewundernswerthen Schärfe geliefert zu haben. Es läßt sich noch nicht ermessen, wohin ein weiterer Verfolg der begonnenen, durch geniale Ideen ebensowohl, als durch geschickteste und beweiskräftige Ausführung ausgezeichneten Untersuchungen führen wird; aber dennoch dürfen wir behaupten, daß die Physiologie seit langer Zeit durch keine Entdeckung der Art überrascht und bereichert ist, als eben durch diejenigen, welche uns durch das große Werk du Bois: „Untersuchungen über die thierische Electricität. Berlin 1848 und 49" mitgetheilt wurden. Was dieses Werk bietet, ist zu umfangreich, um hier auch nur einen oberflächlichen Begriff davon geben zu können; selbst eine die große Anzahl einzelner Resultate zur Anschauung bringende auszügliche Mittheilung gestattet der Raum dieser Blätter nicht. *) Wollen wir es aber dennoch versuchen, den für uns wesentlichen Kern des Ganzen herauszuheben, so möchte sich derselbe in möglichster Kürze etwa in folgenden Sätzen zusammenfassen lassen:

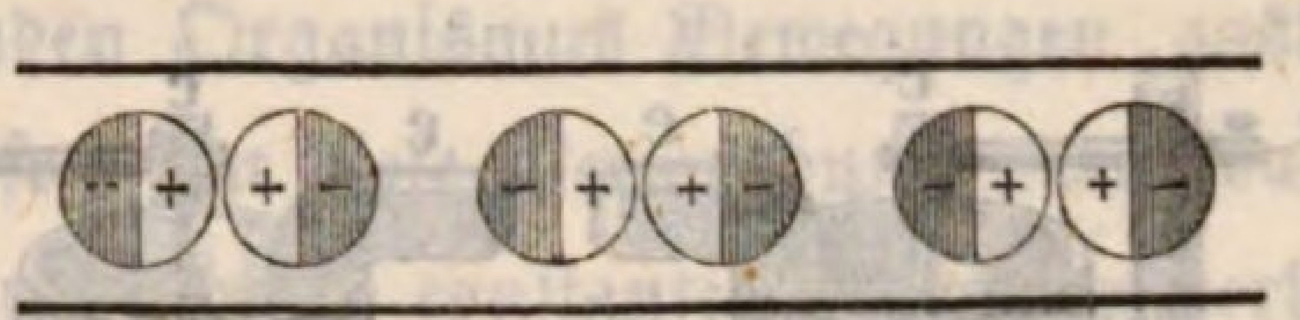
Die Nervenröhre, als unthätig oder ruhend im lebenden Organismus gedacht, ist ein electromotorischer Apparat, „eine Quelle electrischer Ströme." Aus dem lebenden Körper herausgenommen läßt sich von ihr, und zwar von jedem einzelnen Theile derselben, wenn auch nur noch kurze Zeit nach dem Tode, ein electrischer Strom ableiten, ein Strom, dessen Vorhandensein durch die die Magnetnadel umkreisenden Drähte eines Multiplicators angezeigt wird, der aber nur dann entsteht, wenn die Leitungsdrähte des angewandten Apparates mit bestimmten, von du Bois näher bezeichneten Punkten der Oberfläche

---

*) Eine treffliche Zusammenstellung der du Bois'schen Forschungen findet sich in dem auch in weiteren Beziehungen sehr empfehlenswerthen Werke Eckardt's: „Grundzüge der Physiologie des Nervensystems. Gießen 1854," so wie in dem gleichfalls sehr zu empfehlenden „Lehrbuch der Physiologie" von Dr. O. Funke. Leipzig 1855.

oder des Querschnittes des zur Untersuchung verwandten Theilstückes des Nerven verbunden sind. Um diese Erscheinungen zu erklären, muß man sich nothgedrungen vorstellen, daß der seinen chemischen Bestandtheilen nach oben beschriebene Inhalt der Nervenröhre aus Tausenden kleinster Molekeln mit entgegengesetzter Polarität bestehe, der Art jedoch, daß sich dieselben ihre gleichnamigen Pole (Fig. 139) zukehren, d. h. pe-

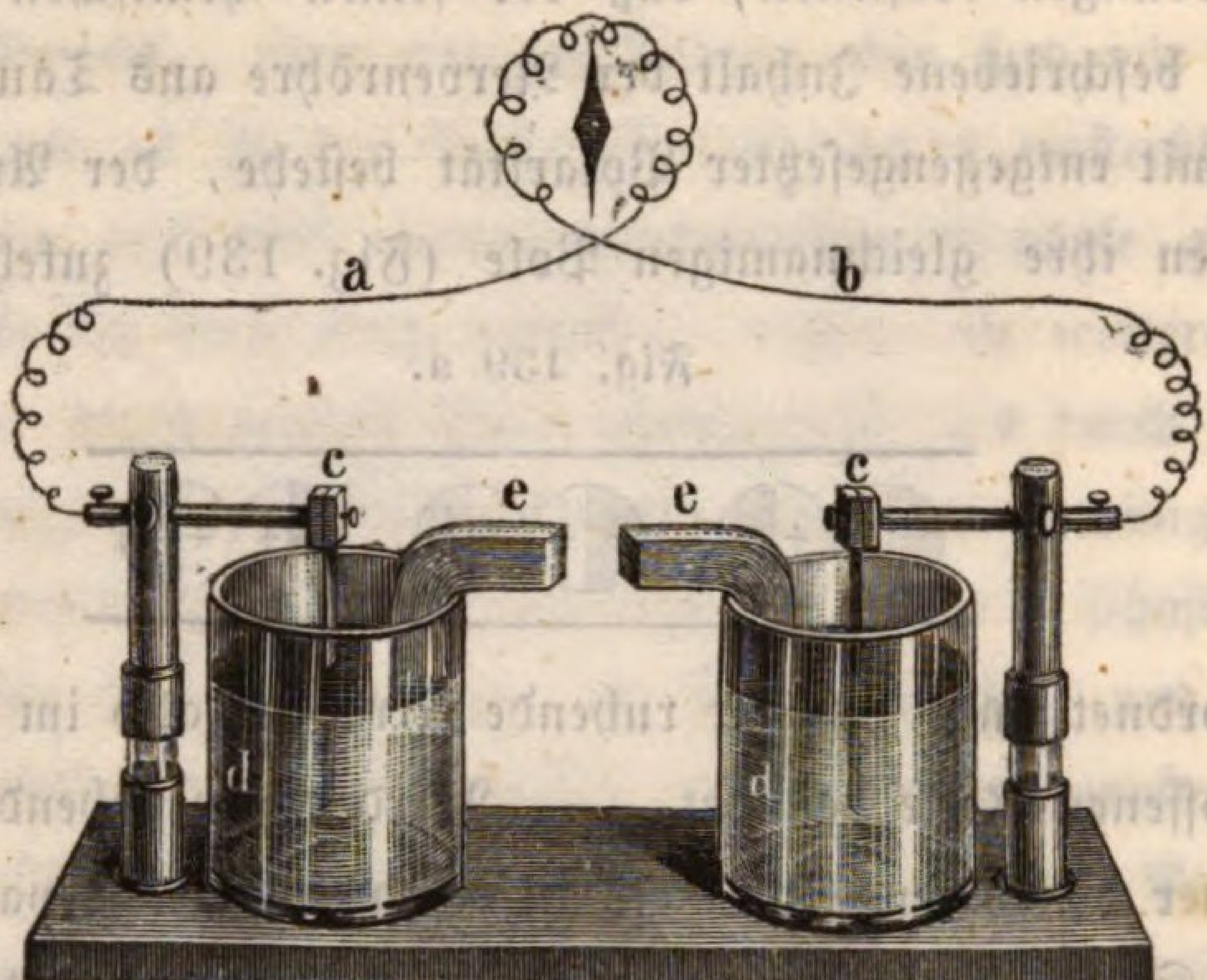
Fig. 139 a.



ripolar geordnet sind, daß der ruhende Nerv sich also im Zustande einer sog. geschlossenen Kette befindet. — Wird dieser ruhenden Nervenfaser jetzt an einer beliebigen Stelle ein in einem andern Apparat entwickelter electrischer Strom zugeführt, wird ihr, mit andern Worten, durch einen sog. constanten Strom eine „Erregung" mitgetheilt, so geräth der Nerv in Folge davon in den sog. „electrotonischen" Zustand. Es wird dieser Zustand dadurch herbeigeführt, daß sich der nur auf einen kleinen Abschnitt der Nervenröhre ausgeübte Eindruck dem ganzen Nerven mittheilt, und zwar der Art, daß „der ganze Nerv unter Beibehaltung seiner ursprünglichen Stromentwicklung auf allen Punkten im Sinne des zugeführten, erregenden Stromes electromotorisch wirksam wird." Selbstverständlich müssen dadurch die originären Ströme eine Alteration erfahren, der Art, daß je nachdem der zugeführte electrische Strom dieselbe oder die entgegengesetzte Richtung des originären Stromes besitzt, der letztere einen Zuwachs oder eine Abnahme erfährt. Daß dem aber wirklich so ist, zeigt wieder die Magnetnadel, die je nach dem ersteren oder letztern Falle durch den abgeleiteten Strom zu einer größeren oder geringeren Abweichung veranlaßt wird, als zuvor. Um auch diese Erscheinungen zu erklären, nimmt du Bois an, daß die im ruhenden Nerven peripolar geordneten Molekeln im electrotonischen Zustande desselben, d. h. also durch den zugeleiteten Strom (s. Fig. 139 b a. f. S.), bipolar, d. i. wie in einer galvanischen Säule geordnet sind. — Aber dieser dem Nerven zugeführte constante Strom giebt dem Nerven, wie die Versuche lehren, nicht diejenige Erregung, durch welche der mit ihm in Verbindung stehende Muskel zur Thätig-

keit, zur Zuckung veranlaßt wird; nur in dem Augenblick, wo

Fig. 189 b.*)



die den hinzuzufügenden Strom leitende Kette geschlossen oder geöffnet wird, sieht man den mit dem Nerven in Verbindung stehenden Muskel zucken. Es kann also die Erregung des Nerven durch einen constanten

---

*) Die vorstehende Figur giebt ein Schema der Einrichtung des du Bois'schen Multiplicators. — Die beiden Enden des Multiplicatordrahtes a b, der eine Magnetnadel umkreist, werden nicht unmittelbar mit den zu prüfenden Theilen des Nerven in Berührung gebracht, sondern sind mit Platinblechen c c verbunden, deren Oberfläche durch Glühen und Behandlung mit Aetzkali und Salpetersäure vollkommen metallisch rein gemacht ist. Diese Platinbleche tauchen jedes in ein mit concentrirter Kochsalzlösung gefülltes Cylinderglas d d; so weit sie über die Flüssigkeitsoberfläche vorragen, sind sie mit Firniß überzogen. An den einander zugekehrten Rändern der Gläser tauchen dicke, mit Kochsalzlösung getränkte Bäusche, e e, von über einander geschichtetem Fließpapier, deren eines Ende über den Rand hinweg gebogen und mit einem von Eiweiß durchtränkten Häutchen überkleidet ist. Zwischen diese beiden Bäusche wird der zu prüfende Nerv so eingeschaltet, daß die zwei auf ihr gegenseitiges elektromotorisches Verhalten zu prüfenden Punkte des Nerven je einen der Bäusche berühren. — Die Bäusche und Gläser können selbstverständlich beliebig weit von einander entfernt werden. — (Nach O. Funke.)

electrischen Strom nicht derjenigen gleich sein, welche bei der Thätigkeit des Nerven im lebenden Organismus in Frage steht; daß dagegen der Muskel in dem Augenblicke der Schließung oder Oeffnung der den hinzuzufügenden Strom leitenden Kette, in dem Augenblick also, wo eine Alteration des originären Nervenstromes eintritt, zuckte, führte zu der Vermuthung, daß der sog. unterbrochene electrische Strom dasjenige sei, was den Nerven in ähnlicher Weise errege, wie der Wille oder andre im lebenden Organismus Bewegungen auslösende Einflüsse. Man wählte jetzt also, um diese Vermuthung durch das Experiment zu prüfen, statt des zugeführten constanten, einen unterbrochenen Strom und der Erfolg zeigte alsbald, daß die Vermuthung die richtige war. Bei Application des unterbrochenen Stroms auf eine beliebige Stelle des zu prüfenden Nerven zeigte der mit demselben in Verbindung stehende Muskel beständige Zuckungen, die sich bei rascher Aufeinanderfolge der Unterbrechungen des zugeleiteten Stromes als krampfhafte Zusammenziehung des Muskels kund gaben. An der den Nervenstrom selbst bezeichnenden Magnetnadel gab sich aber bei diesem Versuche als Summe der vielfachen, rasch auf einander folgenden Alterationen des ursprünglichen Stromes eine sog. negative Schwankung kund, die uns als Anzeichen gelten darf, daß in und durch den eigenthümlichen Thätigkeitsact des lebendigen Nerven eine Verminderung der nach außen gerichteten electromotorischen Kräfte des Nerven bedingt werde. Ganz den gleichen Effekt aber, wie dieser unterbrochene Strom, hatten endlich Reize der verschiedensten Art, die auf den zu prüfenden Nerven applicirt wurden und nachgewiesener Maaßen an der Stelle der Application die chemische Zusammensetzung seines Inhaltes alterirten. du Bois sowohl, als Eckhardt fanden, daß Säuren oder Alkalien in Lösungen von bestimmter Concentration, daß hohe Wärme- oder Kältegrade, daß ferner Druck, Schlag oder Zerrung des Nerven nicht nur den mit ihm in Verbindung stehenden Muskel zur Zuckung brachten, sondern den originären electrischen Nervenstrom auch in gleicher Weise alterirten, wie jener auf den Nerven applicirte unterbrochene electrische Strom; die Gesammtalteration des originären Stromes gab sich auch hier durch die Magnetnadel als eine „negative Schwankung“ kund.

Das sind in allgemeinsten Zügen die wesentlichsten Resultate der Forschungen von du Bois-Reymond. Nach ihrer Feststellung wird Niemand mehr zweifeln, daß es sich im lebenden Nerven in der That um electrische Vorgänge handelt, wenn auch in ganz andrer Art und Weise, als man bisher in dunkler Ahnung sich vorgestellt hatte. Es schließen sich diesen Forschungen unmittelbar die nicht minder ausgezeichneten Untersuchungen von Helmholtz an, der uns den Nachweis lieferte, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung eines Nerven bei verschiedenen Thieren variire, durch Kälte vermindert werde, beim Menschen aber in einer Secunde 61,5 Meter (1 Met. = 3,07 Par. F.) betrage. In gleicher Weise hat Eckhardt sich großes Verdienst um die Erweiterung der in Rede stehenden Forschungen erworben.*) Aber ob damit auch schon ein großer Schritt vorwärts gethan ist, wie manche Frage bleibt dennoch zu lösen! — Wodurch wird denn der electromotorische Zustand des ruhenden Nerven selbst erzeugt? Was macht die Tausende von Molekeln, aus denen wir uns den Inhalt der Nervenröhre zusammengesetzt denken können, electrisch? Was tritt im Organismus an die Stelle des dem Nerven im Experimente zugeführten unterbrochenen electrischen Stromes und ruft diejenige Alteration des von ihm abzuleitenden Stromes hervor, welche die Magnetnadel als negative Schwankung desselben bezeichnet? Geistreich betrachtet Huschke das große, wie kleine Gehirn als die großen electrischen Apparate, von welchen aus den Nerven der elektromotorische Zustand mitgetheilt wird und in welchen diejenigen electrischen Ströme entwickelt werden, welche den originären Nervenstrom alteriren, während andrerseits eine primäre Alteration dieser auf die Strömungen in den Centralapparaten verändernd einwirken. Die Hemisphären des großen und kleinen Gehirns sollen dabei „zwei colossale Plattenpaare,“ die unzähligen Verbindungsfasern zwischen ihnen „die feuchten Leiter,“ andere bestimmte Theile, so wie die peripherischen Nerven selbst „die Schließungsdrähte,“ die che-

*) Der Raum gestattet nicht, hier näher darauf einzugehen. Der Verf. verweist aber auf Eckhardt's oben erwähntes Werk.

mischen Vorgänge des Stoffwechsels in der Gehirnsubstanz endlich das den electrischen Strom selbst Erzeugende sein. Es stimmt damit allenfalls, daß wenn wir die Nervenröhre an irgend einer Stelle ihres Verlaufes durch einen Schnitt trennen und also ihre Verbindung mit den Centraltheilen aufheben, der jener Nervenröhre zugehörige Theil des Organismus, je nach der Natur derselben, seine Bewegung oder seine Empfindung verliert; daß ferner der Gehalt an Säuren und Basen in der grauen und weißen Substanz des Gehirns ein verschiedener ist (vergl. S. 90). Allein es entbehrt jene Vorstellung, so verlockend sie ist, bis dahin thatsächlicher Nachweise und nur die Möglichkeit, vielleicht selbst die Wahrscheinlichkeit des Geschehens ist uns mit ihr dargethan. Und eben so dunkel ist eine zweite Frage. Was zwingt denn den Muskel selbst zur Zuckung, wie wirkt der Nervenstrom auf den Muskel ein? Wir werden zwar später erfahren, daß auch der Muskel an und für sich ähnliche electrische Erscheinungen darbietet, wie der ruhende Nerv, und die Erkenntniß der negativen Stromschwankung im thätigen Nerven im lebenden Organismus führt uns nur zu leicht zu der Vermuthung, daß es sich hier um electrische Wechselbeziehungen handelt, daß vielleicht zwischen Muskel- und Nervenstrom ähnliche Anziehungen und Abstoßungen Statt haben, wie zwischen den gleichnamigen und ungleichnamigen Polen zweier Magnetstäbe. Doch auch hier werden wir noch gänzlich an die Zukunft verwiesen, die uns bei so glänzenden Gewinnsten, wie sie uns du Bois-Reymond zugeführt hat, auch in dieser Beziehung wohl zur Erwartung weiterer thatsächlicher Aufschlüsse berechtigt. Wie endlich verhält es sich mit den Centraltheilen des Nervensystems selbst? Wie kommt der Wille selbst an ihnen zur Geltung, wie wird er zur bewegenden Kraft? Welcher physikalische Vorgang in den Ganglienzellen entspricht dem Schmerz, welcher dem Wohlgefühl? In welcher Beziehung stehen die Thätigkeiten des Geistes zu den Ganglienzellen des Gehirns? — Genüge es, diese Fragen angedeutet zu haben; eine Lösung derselben ist schwerlich jemals zu erwarten und jeder Versuch einer Erklärung bis dahin ein nur zu vergeblicher. —

Beschränkt also auf das eine, freilich sehr bedeutungsvolle Wissen von dem Vorhandensein electrischer Ströme in den Nervenröhren, von der verschiedenartigen Alteration dieser Ströme durch verschiedene auf

die Nerven ausgeübten Eindrücke, von der Abhängigkeit endlich der Muskelbewegung von dem Eintritt einer bestimmten Alteration des originären Nervenstromes, entbehren wir, wenn auch nicht mehr der leitenden Ideen, doch der Einsicht in den tiefern Zusammenhang und letzten Grund der gesammten Nerventhätigkeit. Wie steht es dem gegenüber um unsre Kenntniß von den Verrichtungen des fraglichen Apparates und seiner einzelnen Theile? Um Vieles besser leider! nicht. Was sich aber aus Tausenden physiologischer Experimente, aus Beobachtungen an Kranken, so wie aus Versuchen am gesunden Organismus ergeben hat, fügt sich dennoch mehr und mehr zu einem Ganzen zusammen, und bei einer nicht geringen Anzahl bereits ermittelter Thatsachen nähern wir uns doch wenigstens nach und nach einer Einsicht in den Zusammenhang und das Zustandekommen jener wunderbar mannigfaltigen Leistungen, welche dem Nervensystem angehören.

Im Allgemeinen haben wir oben diese Leistungen schon angedeutet. Es ist das Nervensystem der die Sinnesempfindungen und körperlichen Bewegungen vermittelnde Apparat; es ist von dem bedeutsamsten Einfluß auf den Ernährungsproceß des Körpers, auf den Stoffwechsel, auf Wachsthum oder Abnahme der Körpermasse, auf Absonderungen u. s. w., eine Leistung, der wir ihrer hohen praktischen, nicht immer genugsam gewürdigten Bedeutung halber von vorn herein mit besonderm Nachdruck gedenken wollen; es ist endlich das Nervensystem das Organ der gesammten Geistesthätigkeiten, jener Thätigkeiten, durch welche der Mensch eben, im höchsten Grade ihrer Ausbildung, zu der dem Zwecke der Schöpfung entsprechenden Höhe der geistigen Anschauung emporgehoben wird, welche andrerseits in engster Beziehung stehen zu der uns ihrem Wesen nach unbekannten Seele. Wie aber kommen diese einzelnen Leistungen zu Stande? Welche Theile des Nervensystems dienen vorzugsweise diesen, welche jenen Verrichtungen?

Um diese Fragen zu beantworten, müssen wir uns zunächst des Gegensatzes erinnern, welcher, wie in anatomischer, so auch in funktioneller Beziehung zwischen den die eigentlichen Centraltheile des Nervensystems constituirenden Ganglienzellen und den mit ihnen in Verbindung stehenden und sich nach allen Richtungen und in allen Organen des Körpers ausbreitenden Nervenröhren existirt. Es sind diese letztern in

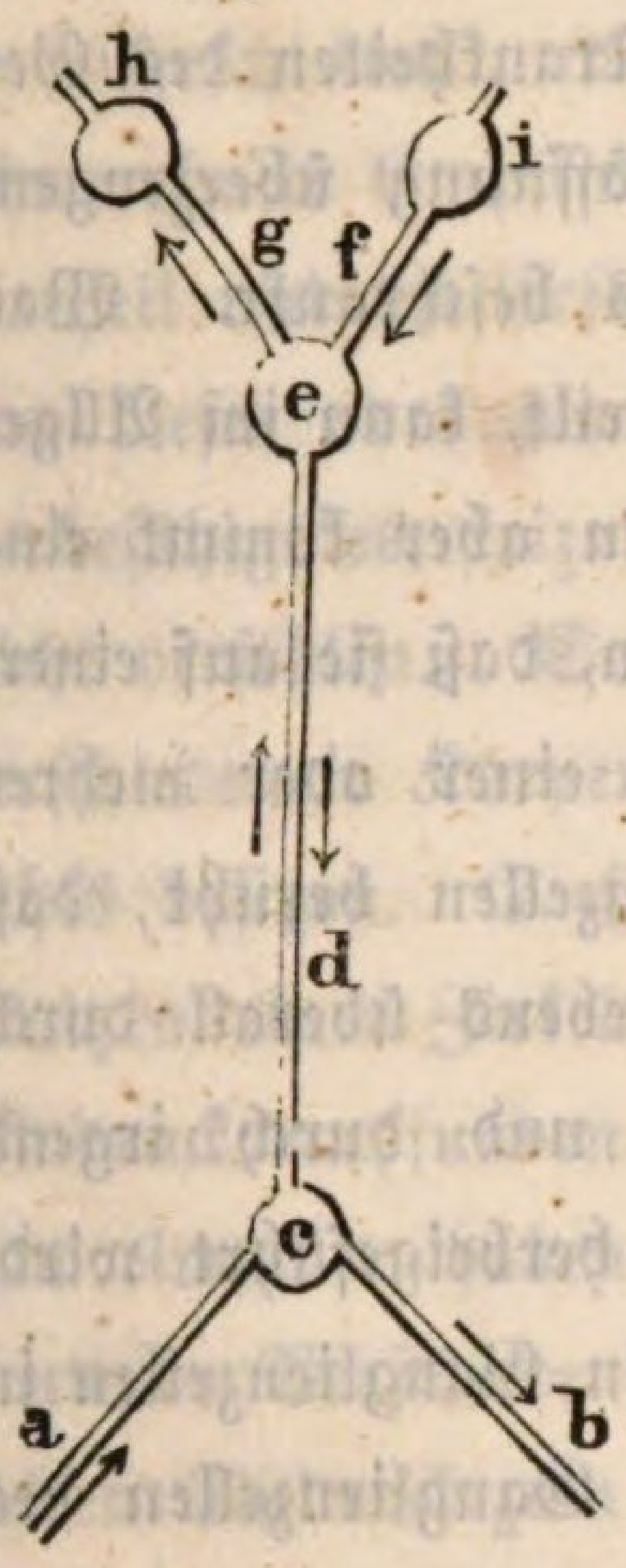
der That nur als Leitungsröhren, gewissermaaßen als Leitungsdrähte, zu betrachten, welche entweder einen am peripherischen Ende empfangenen Eindruck den Centralorganen überliefern, oder eine in diesen entstehende Erregung auf diejenigen Theile des Organismus fortleiten, welche bewegt werden sollen. Die Ganglienzellen oder Centraltheile selbst sind es dagegen, in denen die Empfindung zum Bewußtsein gelangt, der Wille seine ersten Angriffspunkte findet, um zur That zu werden, und die Geistesthätigkeiten ihren Sitz haben, oder in denen ohne Wissen und Willen des Menschen oder Thieres in verschiedenartiger Weise Erregungen zu Stande kommen, die, auf Bewegung vermittelnde Nervenröhren übertragen, körperliche Bewegungen hervorrufen. Den Beweis für dieses Verhältniß finden wir in der jeder Zeit zu bestätigenden, einfachen Thatsache, daß, sobald die Nervenröhren an irgend einer Stelle ihres Verlaufes zwischen Centrum und Peripherie durchschnitten werden, der von ihnen versorgte Körpertheil „gefühllos" wird, die auf ihr peripherisches Ende ausgeübten Eindrücke nicht mehr zu den Centralorganen fortgeleitet werden und zum Bewußtsein kommen, der Wille andrerseits aber auch nicht länger auf jenen Theil zu wirken vermag, die Bewegung vielmehr „gelähmt" ist. — Um diesem Zwecke zu entsprechen, bewahren die Nervenröhren, wie wir bereits wissen, sämmtlich, wenn auch oft zu dichten Bündeln vereinigt, dennoch von der äußersten Endigung an bis zu den Centraltheilen hin ihre vollständige Selbständigkeit und bilden in dieser Weise Tausende von Bahnen für die Empfindung oder Bewegung hervorrufenden electrischen Ströme, ein Verhältniß, welches zu der Aufstellung eines physiologischen Gesetzes, des „Gesetzes der isolirten Leitung der Nervenröhren" Veranlassung gegeben hat. Es ist dabei ferner, wie wir ebenfalls schon angedeutet haben, die Einrichtung getroffen, daß, wenigstens bei den höhern Thierformen, eine Anzahl der in der Peripherie des Körpers verlaufenden Fasern im lebenden Organismus nur in centripetaler Richtung leitet, nur Empfindung vermittelt (sensible Nervenröhren), eine andere dagegen nur in centrifugalem Sinne thätig ist, nur Bewegungen hervorruft (motorische Fasern), eine Thatsache, welche der Erklärung manche Schwierigkeit darbietet. Wenn man sich jedoch erinnert, daß

die Fasern weder in anatomischer, noch in chemischer Hinsicht Verschiedenheiten darbieten, wenn ferner du Bois-Reymond jetzt nachgewiesen, daß auch das physikalische Verhalten beider Fasern ein gleiches ist, daß sich von der sensibeln Faser dieselben electrischen Ströme ableiten lassen, wie von der motorischen, daß in beiden durch gleiche Erregungen auch die gleichen Alterationen der Ströme herbeigeführt werden, so werden wir mit Nothwendigkeit zu der Annahme hingedrängt, daß jene verschiedenartige Leistung beider Arten von Fasern im lebenden Organismus nur abhängig ist einmal von einer Verschiedenheit der centralen Verbindung mit verschiedenen Ganglienzellen, und andrerseits von einer Verschiedenheit der peripherischen Endigungen oder einer Verbindung mit verschiedenen Organtheilen. Wir müssen uns vorstellen, daß die sensible Faser nur deshalb sensibel ist, weil nur sie mit den zur Aufnahme von Eindrücken bestimmten Organen in einer zu solcher Aufnahme geeigneten Weise verbunden ist, nur sie mit jenen eigenthümlichen Endvorrichtungen versehen ist, durch welche sie eben zur Aufnahme von Licht, Schall, Druck u. s. w. geschickt gemacht wird (s. oben S. 64), nur sie mit denjenigen Centralpunkten in Verbindung steht, durch welche die Empfindung selbst vermittelt wird, daß andrerseits aber die motorische Faser nur deshalb motorisch ist, nur deshalb Bewegungen hervorruft, weil nur sie mit denjenigen Centraltheilen in Verbindung steht, in denen die erste Anregung für den Bewegung hervorrufenden Strom entsteht, nur sie ferner mit denjenigen Organtheilen unmittelbar und in geeigneter Weise verbunden ist, welche bewegt werden sollen. — Nach den neuesten Untersuchungen von Owsjannikow *) hat dies Verhältniß jedoch nur bei den sich in der Peripherie des Körpers verzweigenden Nerven Statt, während die von den Ganglienzellen des Rückenmarks zum Gehirn aufsteigenden Fasern sowohl vom Rückenmark zum Gehirn (centripetal), als vom Gehirn zum Rückenmark (centrifugal) leiten, sowohl Sensibilität als Bewegung vermitteln sollen. Bestätigt sich diese wichtige Entdeckung, so würden wir für den einfachen nervösen Apparat der Wirbelthiere folgendes

*) Mikroscopische Untersuchungen über die Structur des Rückenmarkes. Inaugural-Dissertation. Dorpat 1854.

Schema aufstellen können (Fig. 140): a wäre ein sensibler in das

Fig. 140.



Rückenmark eintretender Nerv. Er verbindet sich der Rückenmarksganglienzelle c. Durch die Faser d wird die Erregung auf eine Gehirnganglienzelle e, und von dieser durch die Faser g auf h, eine die Empfindung vermittelnde Ganglienzelle des Gehirns fortgeleitet. i wäre eine Bewegung vermittelnde Ganglienzelle des Gehirns, die Faser f leitet die in ihr entstandene Erregung auf e fort, von hier wird dieselbe wieder durch die Faser d auf die Rückenmarksganglienzelle c übertragen, und von dieser endlich auf die eine Muskelbewegung hervorrufende Faser b. —

Es empfinden also die Nervenröhren nicht selbst, noch entsteht beim normalen Bestande des Lebens in ihnen selbst die die Muskelbewegung herbeiführende Erregung; sie leiten nur fort, was ihnen entweder an der Peripherie oder an ihrem centralen Ende an Erregung gegeben wird, und das Gehirn erst ist der Ort, wo die auf die sensibeln Nerven ausgeübten Eindrücke dasjenige hervorrufen, was wir Empfindung nennen, oder diejenigen Erregungen motorischer Fasern entstehen, vermittelst welcher Bewegungen der Muskeln ausgelöst werden. Bekannt mit diesem für alle nervenphysiologischen Betrachtungen wichtigen Verhältniß, fassen wir nunmehr die einzelnen Leistungen des Nervensystems näher ins Auge. —

Was zunächst die Empfindung anbetrifft, so scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, daß dieselbe im Gehirn ihren Sitz hat, und zwar insonderheit in dem Mittelhirn und den dasselbe zunächst umgebenden Theilen. Als solche kennen wir die Verbindungsstränge zwischen kleinem Gehirn und Brücke, die sog. Schenkel des großen Gehirns, die Brücke selbst, das verlängerte Mark und gewisse mitten in der Substanz der großen Hemisphären gelegene Parthieen; unempfindlich dagegen sind insonderheit die Oberflächen der Hemisphären und der beide große Hemisphären verbindende „Balken.“ Es ist aus leicht begreiflichen Gründen überaus schwierig, über die Function der einzelnen

Stellen der Centraltheile sichern Aufschluß zu erhalten; Experimente an Thieren geben immer wegen der unvermeidlichen, gleichzeitigen Verletzung mehrer Theile zweifelhafte Resultate, und Krankheiten des Gehirns, von deren Sitz wir uns durch die Leichenöffnung überzeugen, sind äußerst selten auf einzelne Punkte des Gehirns beschränkt. Was wir jedoch über den Sitz der Empfindungen mitgetheilt, kann im Allgemeinen als ausgemacht betrachtet werden. Wie nun aber kommt eine Empfindung zu Stande? Wir dürfen nicht zweifeln, daß sie auf einer, ihrem Wesen nach freilich unbekannten „Erregung“ einer oder mehrer den bezeichneten Gehirntheilen zugehörigen Ganglienzellen beruht, daß aber diese Erregung im normalen Bestande des Lebens überall durch die in allen Theilen des Organismus verbreiteten und durch irgend welche Eindrücke erregten sensibeln Nervenröhren herbeigeführt wird, einerlei ob diese letztern direct mit den empfindenden Ganglienzellen in Verbindung stehen, oder sich zunächst mit andern Ganglienzellen des Rückenmarks oder Gehirns verbinden, die ihrerseits dann die empfangene Erregung auf jene übertragen. Die Nervenröhre empfindet also, um es zu wiederholen, nicht selbst. Empfinden wir aber nicht dennoch Schmerz, Wärme, Kälte, kurz alle Eindrücke eben da und an der Stelle, wo sie den Körper treffen? Fühlen wir nicht die Kälte des Eises an der Hand, mit der wir dasselbe berühren, den Schmerz an dem Finger, den wir mit dem Messer verletzen? Verlegen wir nicht die Gesichtsempfindung in das Auge, die Geruchsempfindung in die Nase, die des Schalles in's Ohr, die des Geschmackes in die Zunge? Um diese auffallende Erscheinung zu erklären, müssen wir, nach dem Vorgange von J. Müller und E. H. Weber, annehmen, daß jede sensible Faser ihren besondern Centralpunkt im Gehirn hat, das Bewußtsein aber von der Stelle in der Peripherie des Körpers, welcher dieser Centralpunkt entspricht, also das Ortsbewußtsein der Empfindung erst nach und nach durch die Erfahrung und das Urtheil gebildet wird. So weiß das Kind sicher nichts davon, mit welchem Theile seines Körpers es riecht; erst durch die Erfahrung, daß durch Erweiterung oder Verengerung der Nasenöffnungen eine Zunahme oder Abnahme der Geruchsempfindung veranlaßt wird, kommt es dahin, die Geruchswahrnehmung selbst in die Nase zu verlegen. So führt in einem andern Falle das Kind, an der

Peripherie des Körpers von einem Reize getroffen, abwehrende Bewegungen aus; aber diese Bewegungen sind, je jünger das Kind ist, um so ungeschickter und richtungsloser, ja es weint vielleicht über eine schmerzhafte Empfindung, ohne zu wissen, woher sie kommt; erst das Urtheil und die Erfahrung belehren es, daß diese oder jene Empfindung von dieser oder jener besondern Stelle des Körpers herrührt und erst sie befähigt es, reizabwehrende Bewegungen auszuführen, welche ihr Ziel nicht verfehlen. So ist es ferner eine bekannte Thatsache, daß wir an verschiedenen Körperstellen eine überaus verschiedene Feinheit des Gefühls besitzen. E. H. *Weber* fand, daß die Berührung mit den beiden Spitzen eines Zirkels nur dann als *doppelter* und nicht als einfacher Eindruck empfunden werde, wenn die Spitzen eine gewisse Entfernung von einander haben, für verschiedene Körperstellen aber eine sehr bedeutende Verschiedenheit dieser Entfernung erforderlich sei, um den doppelten Eindruck zum Bewußtsein zu bringen. An der Zungenspitze wird z. B. der doppelte Eindruck wahrgenommen, wenn die Zirkelspitzen ½''', an den Fingerspitzen, wenn sie 1''', am dritten Fingergliede und an der Nasenspitze, wenn sie 3''', am Rücken des ersten Fingergliedes, wenn sie 7''', am Handrücken, wenn sie 14''', am Fußrücken, wenn sie 18''', in der Mittellinie des Rückens wenn sie 24—30''' von einander entfernt sind; bei geringerer Entfernung verursacht die Berührung mit beiden Spitzen an den betreffenden Theilen immer nur die Empfindung *eines* Eindruckes. Mag dieses Verhältniß aber auch zum Theil vielleicht von einer ungleichen Anzahl der sensibeln Nervenfasern oder ihrer Endverzweigungen in verschiedenen Körpertheilen abhängig sein, ist es auch möglich, daß es durch die Verbindung der einzelnen Nervenröhren feiner empfindender Theile mit je einer Ganglienzelle und durch die Insertion mehrer Fasern von gröber empfindenden Theilen in *eine*, diesen mehren Fasern gemeinschaftliche Ganglienzelle herbeigeführt wird, zum Theil ist es sicher dadurch bedingt, daß wir über die eine Oertlichkeit und die sie treffenden Eindrücke eine größere Erfahrung, ein richtigeres Urtheil besitzen, als über die andere. In all diesen Fällen erfolgt nun aber der Act des Urtheils selbst schon frühzeitig und in Folge oftmaliger Wiederholung und Uebung so rasch, ist so unmittelbar mit der Erregung eines empfindenden Centralpunktes verbunden, daß wir

seiner gar nicht bewußt werden. Eben so wenig, wie wir etwas davon wissen, daß der dem peripherischen Ende des Nerven zugefügte Eindruck erst die Nervenbahn bis zum Gehirn durchläuft, bevor wir ihn empfinden, eben so wenig wissen wir etwas davon, daß noch eine weitere Operation zwischen dem Moment der Ankunft der Erregung im Gehirn und dem Moment, wo wir uns des Ortes, von wo diese Erregung ausging, bewußt sind, in der Mitte liegt. Verletzung eines peripherischen Hautnervenendes, Schmerzempfindung und Bewußtsein von dem Orte, wo die Verletzung Statt hatte, fallen scheinbar in einen Moment zusammen, ein Verhältniß, welches nicht auffallend mehr erscheinen kann, seit wir durch Helmholtz's schöne Untersuchungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung eines Nerven kennen gelernt haben.

Es steht mit diesen Verhältnissen in engstem Zusammenhang, daß Reizungen, die dem sensibeln Nerven an irgend einer Stelle seines Verlaufes zugefügt werden, immer doch als an dem peripherischen Ende desselben statthabend empfunden, dorthin von unserm Urtheil verlegt werden, eine Erscheinung, die Jedem aus der Wahrnehmung einer kribbelnden Empfindung im fünften Finger und an der Innenseite der Hand bei einem Stoße auf den dort auslaufenden Ellenbogennerv an der Stelle des Ellenbogens bekannt ist, die ferner bei Amputirten zu dem Gefühle des Schmerzes oder Vorhandenseins eines abgenommenen Gliedes führt und die der Physiologie zur Aufstellung des „Gesetzes der peripherischen Uebertragung oder excentrischen Erscheinung" Veranlassung gegeben hat. Es ist dabei jedoch zu bemerken, und auch hierüber verdanken wir E. H. Weber sehr lehrreiche Versuche, daß wenn ein Nerv in seinem Verlaufe von einem Eindruck getroffen wird, die Empfindung selbst eine wesentlich andere wird, als wenn derselbe Eindruck das peripherische Ende trifft. So wird z. B. durch Kälte, auf die Mitte des Ellenbogennerven applicirt, zwar peripherisch, im fünften Finger u. s. w. eine Empfindung hervorgerufen, aber kein Kälte-, sondern ein unbestimmtes Schmerzgefühl. Es steht diese Erscheinung jedoch mit dem obigen Gesetze nicht im Widerspruch, wir erklären sie vielmehr dadurch, daß die besonderen Vorrichtungen an den Enden der Nerven oder ihre Beziehung zu den umgebenden Theilen allein den Nerv in den Stand setzen, dem Gehirn auch über besondere

Qualitäten der Eindrücke zu berichten, dieser Bericht also mangelhaft ausfallen muß oder auch gar nicht erfolgt, wenn der Eindruck nicht die peripherische Endigung, sondern den Stamm des Nerven trifft.

Von dem engen Zusammenhange zwischen bestimmten mit sensibeln Fasern in Verbindung stehenden Ganglienzellen und solchen, die die Empfindung zum Bewußtsein bringen, scheint es endlich auch abzuhängen, daß gewisse Erregungen der Sinnesnerven, z. B. des Seh-, Hör- oder Geschmacksnerven, insonderheit die Erregung durch den electrischen Strom, Licht-, Schall- oder Geschmacksempfindungen hervorrufen, ohne daß Auge, Ohr oder Zunge von Licht, Schall oder schmeckenden Substanzen berührt würden. Leitet man einen electrischen Strom bei geschlossenem Auge durch dasselbe, so hat man eine Lichtempfindung, leitet man ihn auf den Hörnerven, so entstehen Schallempfindungen, leitet man ihn durch die Zunge, so nimmt man einen Geschmack wahr. Es scheint, als ob in diesen Fällen durch die Erregung der den erwähnten Nerven zugehörigen Centralpunkte sofort auch jene geistigen Erregungen wiedererweckt oder hervorgerufen würden, welche früher jedesmal mit einer Erregung der betreffenden Nerven und deren Centraltheilen verbunden waren, und ähnlich wie eine Erinnerung oftmals sofort auch eine zweite im Gefolge hat, so scheint die Erregung der unmittelbar mit den Fasern der Sinnesnerven verbundenen Centralpunkte auf diejenigen Ganglienzellen übertragen zu werden, an deren Vorhandensein das Bewußtwerden eines Sinneseindruckes gebunden ist. Daß aber die Sinnesnerven überhaupt eine sog. „specifische Energie“ besitzen, d. h. daß der Hautnerv nur Gefühl, nicht aber Licht- oder Geruchsempfindungen, der Sehnerv nur Licht-, nicht aber Schallempfindungen u. s. w. vermittelt, beruht zum großen Theil wieder auf der Eigenthümlichkeit der Endapparate dieser Nerven, durch welche sie ausschließlich nur zur Aufnahme dieses oder jenes Eindrucks befähigt werden, und mag zum Theil auch wieder durch eigenthümliche Verbindungen der mit den betreffenden Nerven zusammenhängenden Ganglienzellen mit andern und bestimmten, bis dahin aber unbekannten Theilen des Gehirns, die der eigenthümlichen Erregungszustände der verschiedenen Nerven nun eben als Licht und Farbe, oder als Schall oder Geruch u. s. w. bewußt werden, bedingt sein. —

Daß sich unter Umständen die Erregung einzelner Ganglienzellen auch auf andere benachbarte, aber ganz verschiedene Empfindungen vermittelnde fortpflanzen kann, wird nach dem Vorhergehenden nichts Befremdendes haben. In der That giebt es aber auch manche Empfindungen, die, ohne von der Peripherie aus hervorgerufen zu sein, oftmals in Begleitung anderer Empfindungen auftreten, wie z. B. ein Schaudern der Haut beim Hören kreischender Töne, ein eigenthümliches Gefühl in den Zähnen bei der gleichen Veranlassung. Wir haben es in diesem Falle mit sog. „Mitempfindungen" zu thun, eine Erscheinung, die wir in analoger Weise bei den Bewegungen auftreten sehen, und die sich bei manchen Individuen in einer krankhaft gesteigerten Weise vorfindet.

Näher auf die einzelnen Sinnesempfindungen einzugehen ist hier nicht der Ort. In Kürze wollen wir dagegen noch jener Empfindungen gedenken, die durch eine gleichmäßige Erregung einer größern Anzahl von Nervenfasern, vielleicht auch durch eine unmittelbare Erregung gewisser Empfindung vermittelnder Ganglienzellen zu Stande kommen und die wir als „Allgemeingefühle" bezeichnen. Es gehören dahin vornämlich das Müdigkeitsgefühl, der Hunger, der Durst, der Ekel, und in gewisser Beziehung auch der Schmerz, Gefühle, deren hohe Bedeutung für den Bestand des thierischen Lebens keiner besondern Hervorhebung bedarf. Leider ist es jedoch bis dahin noch nicht gelungen, mit Sicherheit zu bestimmen, welche Centraltheile denselben zum Sitze dienen, ob und welche einzelne Nerven sie hervorrufen. Man hat den Hunger aus der Leere des Magens erklären wollen; allein Bergmann erwähnt schon sehr richtig, daß das Hungergefühl ständig zunehme, der Magen aber nicht leerer, als leer werden könne. Bergmann selbst will ihn aus einer Ueberfüllung der in der Schleimhaut des Magens gelegenen Labdrüsen mit Magensaft und dadurch verursachten Reizung der sensibeln Nervenfasern derselben Haut ableiten, und es spricht dafür der Umstand, daß eine durch gänzlich unverdauliche und wenige Stoffe hervorgerufene Absonderung des Magensaftes momentan den Hunger stillt. Aber auch hiergegen läßt sich einwenden, daß der in dieser Weise momentan gestillte Hunger doch immer rasch wieder hervortritt und rascher, als wenn nur eine geringe Quantität

von wirklichen Nahrungsmitteln genossen ist. Den Durst hat man vorzugsweise aus einer mangelhaften Durchfeuchtung des die sensibeln Gaumennervenenden umgebenden Gewebes erklärt, und momentan läßt sich auch hier das Gefühl durch locale Hülfe, durch Befeuchtung des Gaumens stillen; die mangelhafte Durchfeuchtung jenes Gewebes selbst leitet man aber aus einer allgemeinen Wasserarmuth des Körpers ab, die eben nur an dieser Stelle als solche percipirt, und von den Nerven dem Gehirn angezeigt werde. Es hat diese Erklärung Manches für sich. Doch, wie immer, es darf bei dem Versuche einer solchen und zwar in Betreff der meisten Allgemeingefühle nie übersehen werden, daß es sich hier um Empfindungen handelt, deren Ursache mehr oder weniger im ganzen Organismus oder auf größere Abschnitte desselben gleichmäßig vertheilt ist, daß bei dem Hungerzustande nothwendiger Weise Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der die Gewebe und also auch die Nerven durchtränkenden Flüssigkeiten entstehen müssen, bei dem Wassermangel nicht nur Blut und Muskel, sondern auch die Nerven wasserarm sind, langdauernde Anstrengungen nicht nur in dem Muskel, sondern auch in der Nervensubstanz selbst chemische Alterationen bedingen, daß endlich all diese Zustände auch die materielle Zusammensetzung der Centralapparate des Nervensystems selbst nicht intact lassen, Verhältnisse, die uns nöthigen, den Grund der Gemeingefühle viel mehr in gewissen, feinern Veränderungen der materiellen Zusammensetzung des ganzen Nervensystems, als in localen Erregungen einzelner Nervenröhren zu suchen und es vielleicht rechtfertigen, die unleugbaren localen Empfindungen im Magen, im Schlunde u. s. w., denen sich übrigens immer ein allgemeines Unbehagen verbindet, nach dem Gesetze der peripherischen Uebertragung (S. 104) zu deuten. —

Als zweite Leistung des Nervensystems haben wir seine Betheiligung bei den Bewegungserscheinungen der thierischen Organismen bezeichnet, und die meisten derselben kommen in der That nur durch seine Vermittlung zu Stande. Es gestalten sich hier die Verhältnisse aber sehr verschieden von denjenigen, die wir so eben bei der Empfindung kennen lernten. Während wir von diesen überhaupt nur als bewußten Lebenserscheinungen reden können, müssen wir die Bewegungsvorgänge streng in solche unterscheiden, die zu unserm Bewußtsein ge-

langen oder vielmehr von ihm ausgehen und in solche, die ohne unser Wissen und Wollen von Statten gehn. Freilich können wir hier nur von uns selbst den Ausgang nehmen, denn eben so wenig, wie wir wissen, wie weit sich in der Thierreihe das Empfindungsvermögen hinab-erstreckt, haben wir eine Einsicht davon, wie weit die Bewegungen der Thiere als willkürliche oder als unwillkürliche zu betrachten sind. Bei uns selbst vermögen wir eine solche Grenze aber sehr wohl zu ziehen, und getrennt wollen wir demnach auch beide Arten der Bewegung in Betracht ziehen. —

Was zunächst die unwillkürlichen Bewegungen betrifft, so hat eine Anzahl derselben jeden Augenblick ohne unser Wissen und Wollen Statt. Wir wissen nichts davon, daß Lunge und Zwerchfell beim Respirationsakte sich auf und ab bewegen, daß unser Herz in jeder Minute sich so und so oft zusammenzieht, daß das Blut in den Adern fließt, daß Magen und Darmkanal mehr oder weniger ständig wurmförmige Bewegungen ausführen; dennoch aber gehen diese Bewegungen vor sich, und ihre directe Abhängigkeit von gewissen Centraltheilen des Nervensystems steht außer jedem Zweifel. Wie kommen diese Bewegungen zu Stande? Erinnern wir uns, daß ein jeder Bewegungsnerv einerseits mit einer Ganglienzelle, einem Centralpunkte, andrerseits aber mit einem Muskel in Verbindung steht, daß die Bewegung oder Zusammenziehung dieses Muskels Folge einer dem Nerven ertheilten Erregung ist, diese Erregung aber unter normalen Verhältnissen immer von dem Centralpunkte ausgeht, so ist eine doppelte Möglichkeit für die Entstehung derselben vorhanden. Einmal nämlich kann der Erregungszustand der Ganglienzelle auftreten, ohne von andern Theilen des Nervensystems hervorgerufen zu sein, wir haben einen sog. Selbsterregungszustand vor uns, und, auf den Bewegungsnerven übertragen, ruft dieser sog. automatische Bewegungen hervor. Im andern Falle aber kann die Erregung der Ganglienzelle und weiterhin des Bewegungsnerven durch den erregenden Strom einer centripetal leitenden und irgendwo in Erregung versetzten Nervenröhre, ohne daß diese Erregung als Empfindung zu unserm Bewußtsein gelangte, bedingt werden, und wir bezeichnen die in dieser Weise hervorgerufenen Bewegungen als Reflexbewegungen. Als Beispiele der automatischen Bewegungen werden

die Bewegungen des Athmens, so wie die Herzbewegungen angeführt, und man nimmt also an, daß die Centralpunkte der diese Bewegungen vermittelnden Nervenfasern „selbsterregende" sind. Es mangelt uns bis dahin jedoch jede ausreichende Erklärung für das ursächliche Moment dieser Selbsterregung, und immerhin ist die Möglichkeit im Auge zu behalten, daß auch sie Folge der Erregung irgend welcher centripetaler Fasern ist. *) Beispiele der Reflexbewegungen bieten sich dagegen in Menge dar und über ihr Zustandekommen kann man kaum in Zweifel sein. Bringen wir einen Bissen in den Schlund, so erfolgt ohne unser

*) Für die Herzbewegungen ist diese Ansicht nicht ohne gewichtige Stützen; denn wenn auch das ausgeschnittene und blutleere Herz noch eine Zeit lang fortpulsirt, so wissen wir doch, daß diese Pulsationen in verstärkter Weise stattfinden, wenn das Herz in Blut getaucht wird, oder der Einwirkung von Sauerstoffgas ausgesetzt wird, daß sich ferner seine ganze Muskelmasse contrahirt, wenn nur einzelne Stellen seiner Oberfläche gereizt werden, diese Contraction dagegen nicht mehr erfolgt, wenn die in dem Herzen selbst gelegenen Ganglien, die, wie wir unten hören werden, hier als die Centralorgane zu betrachten sind, fortgenommen werden (Bidder). — Für die Athembewegungen fehlt es dagegen bis dahin an einleuchtenden Hypothesen. Daß die diese Bewegungen vermittelnden, im verlängerten Mark gelegenen Ganglienzellen nicht, wie man wohl angenommen hat, durch eine Erregung der sich in den Athmungsorganen verbreitenden sensibeln Fasern des zehnten Hirnnervenpaares in Erregung versetzt werden, folgt daraus, daß die Bewegungen auch noch nach der Durchschneidung dieser Nerven fortbestehen, wiewohl ihr Langsamwerden unter diesen Umständen dennoch auch auf einen bedeutsamen Einfluß jenes Nervenpaares auf die fraglichen Ganglienzellen hinweist. Man darf aber im Auge behalten, daß die letztern in Folge irgend welcher centraler Combinationen und einer gewissen ständigen Erregung anderer centripetaler Nerven durch die atmosphärische Luft in den Erregungszustand versetzt werden, wobei sich freilich bis dahin nicht angeben läßt, welches diese Nerven sind. Will man übrigens an der Annahme eines „Selbsterregungszustandes" der hier beim Herzen sowohl, als bei den Athembewegungen in Frage stehenden Ganglienzellen festhalten, so ist für seine etwaige Erklärung die Möglichkeit einer Erregung gewisser Ganglienzellen durch den Sauerstoff mit sich führenden arteriellen Blutstrom nicht zu übersehen, wie ja möglicherweise die andauernden Contractionen des ausgeschnittenen Herzens im Sauerstoffgase Folge einer directen Erregung der Herzganglien selbst und nicht, wie wir eben vermutheten, der centripetalen Fasern derselben durch das Gas sein könnten. —

Wissen und Wollen eine Schluckbewegung; sind die Speisen in dem Magen angelangt, so erfolgen anhaltende wurmförmige Bewegungen desselben; gelangen einige Tropfen Flüssigkeit oder ein fremder Körper in die Luftröhre, so entsteht ein heftiges Husten u. s. w. Alle diese Bewegungen kommen aber in der Weise zu Stande, daß durch den in Frage stehenden Eindruck sensible (centripetale) Nervenröhren erregt werden, und diese Erregung nun, durch einige oder mehre Ganglienzellen hindurch, sofort und ohne unser Wissen und Wollen auf die die Muskelbewegung hervorrufenden Nerven übertragen wird, daß also z. B. in Fig. 140 (S. 101) die in a entstandene Erregung sofort durch c hindurch auf die motorische Faser b übertragen wird, ohne daß das Gehirn durch d davon eine Nachricht erhält. Derartige Reflexbewegungen lassen sich auch im Gebiete der im normalen und wachen Zustande unserm Willen untergebenen oder zugänglichen Muskeln beobachten. Wird einem Schlafenden die Haut irgend eines Körpertheiles gereizt, so führt er, ohne es zu wissen und zu wollen, abwehrende Bewegungen aus. Selbst im wachen Zustande vollführen wir, sobald unsere Aufmerksamkeit in einem gewissen Grade durch andre Gegenstände in Anspruch genommen ist, unbewußt und ohne daß der sie herrufende peripherische Reiz zu unserm Bewußtsein gelangt, Bewegungen der verschiedensten Art, deren ein dritter leicht Zeuge ist. In gewissen krankhaften Zuständen steigern sich diese Reflexbewegungen, je nach dem Grade der Erregbarkeit der Centraltheile des Nervensystems, der Ganglienzellen, oft zu jener bedeutenden Höhe, in welcher sie uns das Bild des „Krampfes" darbieten. Irgend ein Eindruck auf eine oder wenige (sensible) centripetale Nervenfasern wird in diesem Falle, sei es nun, daß er zum Bewußtsein kommt oder nicht, auf gewisse Ganglienzellen übertragen, der Erregungszustand dieser theilt sich rasch mehren oder vielen Ganglienzellen mit, wird den von diesen auslaufenden motorischen Fasern mitgetheilt und in Zuckungen einzelner oder vieler Muskeln giebt er sich kund. Auch das wechselnde Spiel unserer Gesichtsmuskeln, das oft ganz ohne unser Wissen und Wollen, unserer körperlichen wie geistigen Zustände kundgiebt, ist zum Theil als Reflexbewegung aufzufassen. Die die Bewegung dieser Muskeln vermittelnden Ganglienzellen und Nerven werden durch irgend welche durch diesen oder jenen Eindruck erregte sen-

sible (centripetale) Fasern (oder auch von den den geistigen Bewegungen dienenden Centraltheilen des Nervensystems aus) in Erregung versetzt, und in der leisen Bewegung, dem erschlafften oder gespannten Zustande der Muskeln selbst, spricht sich dieselbe aus. — Endlich gehört hierher auch ohne Frage Vieles von dem, was wir bei dem Thiere als „instinktive Handlung" bezeichnen. Viele dieser Handlungen erfolgen sicher ohne Bewußtsein des Thieres auf irgend welche äußere oder innere Reize, es sind, mit einem Worte Reflexbewegungen. Doch die nähere Erörterung dieses Gegenstandes würde uns hier zu weit führen; genüge es also, auf die weite Ausdehnung und Bedeutung der fraglichen Bewegungen nur hingewiesen zu haben. —

Wir haben schließlich noch einer bemerkenswerthen Erscheinung, der sog. Mitbewegungen, die ebenfalls meistens ohne unser Wissen und Wollen erfolgen, zu gedenken. Es ist bekannt, da wir manche Bewegungen nicht isolirt auszuführen vermögen, dieselben vielmehr ohne unsern Willen von andern Bewegungen, und eben den sog. Mitbewegungen begleitet sind. So bewegen sich beim Beugen des fünften Fingers in der Regel mehre Finger der Hand, so verziehen sich die Gesichtsmuskeln leicht bei diesen oder jenen Anstrengungen, z. B. beim Violinspielen u. s. w. Es haben diese Bewegungen ohne Frage in dem engen Verbande und einer nur durch lange Willensübung zu verhindernden gleichzeitigen Erregung mehrer motorischen Fasern zum Ausgangspunkt dienender Ganglienzellen ihren Grund, und wir erklären sie uns also leicht aus der Uebertragung des durch den Willen oder durch centripetale Fasern herbeigeführten Erregungszustandes gewisser Ganglienzellen auf andere, mit jenen in näherem Zusammenhang stehende. Durch eine krankhafte Erregbarkeit der Centraltheile des Nervensystems können auch diese Mitbewegungen einen abnormen Grad der Ausdehnung und Stärke erlangen. So wissen wir z. B. daß Kinder, die am sog. Veitstanz leiden, einen Gegenstand nicht ergreifen können, ohne gleichzeitig eine Menge unnützer, unbeabsichtigter Bewegungen auszuführen. Doch auch darauf können wir hier nicht näher eingehen.

Wo nun aber haben wir die Centralpunkte für die unbewußten Bewegungen zu suchen? Wir dürfen nicht daran zweifeln, daß sie vorzugsweise einerseits im Rückenmark und in dem verlängerten Mark

andrerseits in den Ganglienknoten des Eingeweidenervensystems liegen und haben vollen Grund anzunehmen, daß auch die Mehrzahl, hie und da selbst sämmtliche in den Ganglienknoten niederer Thiere enthaltenen Ganglienzellen den gleichen Bewegungen zum Ausgangspunkte dienen. — Was die bis dahin für automatisch erklärten Bewegungen des Athmens betrifft, so wissen wir durch Legallois und Flourens, daß sie von einer bestimmten Stelle *) im verlängerten Mark ausgehen. Sofort nach Zerstörung dieser Stelle cessiren die Athembewegungen, und Thiere, denen das Gehirn fortgenommen, das verlängerte Mark aber gelassen ist, athmen fort. Die Bewegungen des Herzens, einerlei ob wir sie als automatische oder reflektirte betrachten, sind dagegen vorzugsweise abhängig von den in seiner Substanz eingebetteten Ganglien, die dem Eingeweidenervensystem angehören. Auch das ausgeschnittene und blutleere Herz pulsirt noch eine kürzere oder längere Zeit fort, wie uns z. B. Vierordt berichtet, daß sich das von ihm untersuchte ausgeschnittene und blutleere Herz eines Hingerichteten 9 Minuten nach dem Tode noch 39 Mal in 64 Secunden zusammenzog. Es würde das nicht können, wenn der Act seiner Zusammenziehung, seiner Muskelbewegung vom Gehirn oder Rückenmark abhängig wäre. Die erwähnten Reflexbewegungen endlich können möglicherweise von allen mit motorischen Nervenfasern in Verbindung stehenden Ganglienzellen ausgehen, scheinen aber vorzugsweise von den im verlängerten Mark und Rückenmark gelegenen hervorgerufen zu werden. Die Schluckbewegungen werden durch die Erregung gewisser Ganglienzellen im verlängerten Mark bedingt; die meistens als Reflexbewegungen zu betrachtenden Acte des Hustens, Niesens, Lachens u. s. w. scheinen ebenfalls von dort aus erregt zu werden. Thiere, denen das Gehirn bis auf das verlängerte Mark weggenommen ist, führen, gleichwie im Schlafe, auf irgend welche Hautreize Bewegungen aus, und selbst noch nach Entfernung des verlängerten Markes, also an getödteten Thieren, lassen sich solche Bewegungen einige Zeit nach dem Tode hervorrufen, so daß wir nothgedrungen in dem Rückenmark die ihnen zum Ausgangspunkt dienenden Ganglien-

*) Diese Stelle ist die Spitze der grauen Substanz des sog. calamus scriptorius.

zellen zu suchen haben. Es erfolgen in letzterem Falle die Reflexbewegungen oft sogar stärker, als bei Vorhandensein des Gehirns. In wie weit jedoch die von Ganglienzellen des Eingeweidenervensystems ausgehenden Reflexbewegungen durch centripetal leitende Fasern dieses Systems selbst oder von zu ihnen verlaufenden Rückenmarksfasern aus, oder umgekehrt Ganglienzellen des Rückenmarks von zu ihnen verlaufenden Fasern des Eingeweidenervensystems aus erregt werden können, läßt sich bis dahin noch nicht genau bestimmen. — Die innige Verkettung zwischen dem Eingeweidenervensystem, dem Gehirn und dem Rückenmark macht es überhaupt überaus schwierig, zu entscheiden, welche Verrichtungen von jenem, welche von diesen ausgehen; ja wir vermögen noch nicht einmal zu sagen, ob dem Eingeweidenervensystem, dem Gehirn und Rückenmark gegenüber, eine gewisse Selbständigkeit zukommt, oder ob es in allen seinen Functionen von den letzteren abhängig ist. Einige der bis dahin erkannten Leistungen des Eingeweidenervensystems, wie z. B. die durch seine Ganglienzellen vermittelten Herzbewegungen, nöthigen uns auf der einen Seite allerdings, ihm eine gewisse Selbständigkeit zuzusprechen, seine Ganglienzellen als wirkliche Centralorgane zu betrachten. Allein es liefern auf der andern Seite mannigfache Beobachtungen auch untrügliche Beweise von der Abhängigkeit seiner Leistungen von Gehirn und Rückenmark, und es möchte keinen treffendern Beleg für dieselbe geben, als die interessante und für weitere Forschungen bedeutsame Entdeckung E. H. Weber's, daß das Herz allerdings von den in ihm selbst gelegenen Ganglienzellen aus in Bewegung gesetzt, der Rhythmus dieser Bewegung aber wesentlich durch die zu ihm verlaufenden Fasern des zehnten Gehirnnervenpaares bedingt wird, der Art, daß eine Reizung dieser Fasern den Herzschlag verlangsamt und selbst zum Stillstand bringt, eine Durchschneidung derselben aber, also Aufhebung ihres Einflusses, denselben beschleunigt. — So bleibt hier also der Experimentalphysiologie noch Vieles zu thun übrig; und ob uns die letzten Jahrzehnde auch manchen Fortschritt gebracht, wir sind dennoch weit vom Ziele entfernt. —

Den unbewußten, unwillkürlichen Bewegungen gegenüber haben wir die mit Bewußtsein ausgeführten, die willkürlichen, in's Auge zu fassen. Ueber das Zustandekommen derselben können wir uns keine

andere Vorstellung bilden, als die, daß der Wille in uns, freilich räthselhafter Weise, irgend welche mit motorischen Fasern in Verbindung stehende Ganglienzellen in den Erregungszustand versetzt, und diese Erregung, auf die Nervenröhre selbst übertragen, die Zusammenziehung des Muskels herbeiführt. Ob dabei der Wille direct auf diese Ganglienzellen einwirkt oder ob er zunächst auf andere, mit den letztern in Verbindung stehende seinen erregenden Einfluß ausübt, läßt sich nicht entscheiden; doch ist letzteres nicht unwahrscheinlich. Je nach unserm Belieben können nun aber zu gleicher Zeit wenige oder Hunderte von Nervenröhren in den Erregungszustand versetzt werden, kaum jedoch, wie es scheint, einzelne Fasern, denn für jede Bewegung auch des einzelnen Muskels, ist immer die gleichzeitige Thätigkeit vieler Fasern erforderlich. Manche Combinationen erfolgen dabei leichter, als andere, wovon man sich leicht bei den Bewegungen der Hand überzeugen kann. Manche Bewegungen andrerseits, z. B. die Fußbewegung der Tänzer beim Hören der Musik, die abwehrenden oder ausweichenden Bewegungen beim plötzlichen Drohen einer Gefahr, treten in so directer Abhängigkeit von gewissen Sinneseindrücken auf, daß wir eine nähere Beziehung zwischen beiden voraussetzen müssen; manche wieder in Folge einer bewußten Empfindung, z. B. eines heftigen Schmerzes, so rasch und unmittelbar, daß wir uns des Willensactes gar nicht bewußt sind, und für diese Fälle annehmen müssen, daß sich der Erregungszustand sensibler Ganglienzellen, nach Art des Vorganges bei den Reflexbewegungen, sofort auf die motorischen Ganglienzellen und Nervenröhren fortsetzt. — Wo aber haben wir wieder die diese Bewegungen vermittelnden Ganglienzellen, die Ausgangspunkte der willkürlichen Bewegungsacte zu suchen? Auch hier hat die Experimentalphysiologie noch Vieles zu leisten. Nach den bisherigen Ergebnissen derselben, so wie nach Erfahrungen und Beobachtungen an Kranken, leidet es jedoch kaum einen Zweifel, daß vorzugsweise gewisse dem Mittelhirn zugehörige oder nahe an dasselbe angränzende Theile des Gehirns die fraglichen Ausgangspunkte enthalten, dieselben also mehr oder weniger eine gleiche Lage haben, als die die Empfindung vermittelnden Centralpunkte. Man schließt dies einmal daraus, daß Thiere, denen man gewisse, den bezeichneten Theilen des Gehirns zugehörige Stellen

verletzt, das Vermögen verlieren, zweckmäßige, harmonische, dem Willensimpulse entsprechende Bewegungen auszuführen, oder auch scheinbar unwillkürlich zu solchen Bewegungen veranlaßt werden (sog. Zwangsbewegungen), andrerseits aber auch aus Leichenuntersuchungen solcher Kranken, die während des Lebens ähnliche Bewegungserscheinungen, wie jene Thiere, darboten, oder in größerer oder geringerer Ausdehnung in ihrer Bewegung gelähmt waren. So drehen sich Thiere, denen man einen Längsschnitt in die sog. Brücke macht oder die Verbindungsstränge zwischen Brücke und kleinem Gehirn an einer Seite durchschneidet, beständig um ihre Längsachse; andre, denen man den Schenkel einer großen Hemisphäre oder eine Seite der Vierhügel verletzt, drehen sich beständig im Kreise, führen die sog. Reitbahn- oder Manegebewegung aus; andere noch drehen sich, wie der Uhrzeiger um einen Mittelpunkt, so um die Hinterfüße als Drehpunkt, wenn man die Großhirnschenkel dicht an der Brücke durchschneidet, und andre endlich noch führen bei Verletzungen des Streifenhügel im großen Gehirn, oder bei Verletzungen des kleinen Gehirns, dort Vorwärts-, hier Rückwärtsbewegungen aus. Bei Menschen wieder, denen eine oder beide Extremitäten einer Körperhälfte gelähmt waren, fand man mehrfach Erkrankungen, Blutergüsse u. s. w. in den mittleren Parthieen der großen Hemisphäre an der der gelähmten entgegengesetzten Seite des Gehirns (in dem sog. Sehhügel und Streifenhügel), Stellen, denen E. H. Weber vorzugsweise auch den Sitz der Tastempfindungen zuschreibt. Daß sich hier die Lähmung der Muskeln an der der leidenden Gehirnhemisphäre entgegengesetzten Körperhälfte zeigt, beruht darauf, daß viele sensible sowohl, als motorische Nervenfasern vor ihrem Eintritt in das Gehirn sich kreuzen, so daß die von der rechten Körperhälfte kommenden oder zu ihr verlaufenden in der linken Hälfte des Gehirns, die von der linken Körperhälfte kommenden oder zu ihr verlaufenden Fasern aber in der rechten Hälfte des Gehirns ihr Centrum finden, ein Verhältniß, dessen physiologische oder physikalische Nothwendigkeit wir noch nicht klar einzusehen vermögen. — Sei es jedoch noch erwähnt, daß zu den eben bezeichneten Stellen des Gehirns, und also auch zu den willkürlichen körperlichen Bewegungen, das kleine Gehirn in einer sehr nahen Beziehung zu stehen scheint; es scheint das „Streben nach Handlungen“ vorzugsweise an ihm zur Gel-

tung zu kommen und durch seine Vermittlung zur That zu werden. „Nimmt man den Thieren das kleine Gehirn weg," sagt Huschke, „so haben sie noch allerhand Triebe, aber sie bemühen sich vergebens, ihrer Ausführung den gehörigen Ausdruck zu geben, weil ihre Thatkraft zerstreut ist, weil ihr jetzt der Mittelpunkt fehlt." Thiere, bei denen die Thatkraft überhaupt die Gedanken übersteigt, aber ohne Einsicht ist und in wilde Begierden ausartet, haben dem entsprechend auch ein im Verhältniß zum großen Gehirn viel größeres kleines Gehirn, als der Mensch. Während bei diesem das letztere etwa 12 Proc. der Masse des ganzen Gehirns beträgt, beläuft sich sein Gewicht bei Thieren durchschnittlich auf 16—25, ja bis 35 Proc. Und selbst bei den verschiedenen Geschlechtern des Menschen entspricht ein durchgehends und verhältnißmäßig (um 1 Proc.) größeres kleines Gehirn dem thatkräftigeren, activen Charakter der Männer, ein verhältnißmäßig um eben so viel kleineres dem mehr empfindenden der Frauen. Doch wir betreten hier ein Gebiet, über dessen wunderbare und mannigfaltige Erscheinungen die Physiologie bis dahin nur noch wenig Licht verbreitet hat, und dessen Aufhellung, neben der Experimentalphysiologie, vorzugsweise einer fortgesetzten und sorgfältigen vergleichend psychologischen, anatomischen und pathologischen, d. h. dem Sitze der das psychische Leben störenden Krankheiten nachspürenden Forschung vorbehalten ist.

Als dritte, wesentliche Leistung des Nervensystems bezeichneten wir seinen Einfluß auf die Vorgänge der Ernährung, des Stoffwechsels und der Absonderung, und fügen wir hierhinzu, die thierische Wärme. Die wachsende Erkenntniß dieses Einflusses ist von einer eminenten praktischen Bedeutung, und sie bedarf nicht nur der sorgfältigsten Berücksichtigung des Arztes, dessen Aufgabe es in der Regel ist, eingetretene Störungen des Befindens zu entfernen, sondern auch jedes Laien, dem es um die Erhaltung körperlichen Wohlbefindens zu thun ist. Was unsere Vorfahren in dunkler Ahnung besonderen Lebensgeistern oder Lebenskräften zuschrieben, das lehrt uns die neuere Physiologie als Effekt einer Reihe von chemischen und physikalischen Vorgängen, vorzugsweise aber als Effekt der im Nervensystem waltenden Kraft kennen, und in schlagenden, durch Experiment und Beobachtung entwickelten Thatsachen erläßt sie einen drin-

genden Mahnruf, daß wir in der Achtung vor dieser Kraft jener Achtung nicht nachstehen, welche den Alten die nüchterne Beobachtung der Lebenserscheinungen ihren Lebensgeistern gegenüber einflößte. Nur einige Beispiele mögen uns hier jenen Einfluß des Nervensystems klar machen. — Der Muskel, welcher in Folge einer Durchschneidung oder Erkrankung seines Nerven gelähmt ist, magert ab und verwandelt sich mitunter in eine fettige Masse; die Knochen gelähmter Glieder werden dünner. — Der durch geistige Bekümmernisse Gedrückte, der „entnervte" Schwächling, sie sind hagere, blasse Gestalten und contrastiren mit dem blühenden Colorit, der kräftigen Körperentwicklung des geistig Freien und Frohen. — Magendie, Longet, Schiff u. A. durchschnitten bei Thieren innerhalb der Schädelhöhle den einen Ast zum Auge sendenden fünften Hirnnerven, und es erfolgte alsbald Röthung des Auges, vermehrte Schleimabsonderung und Aufwulstung des Augenlids, Trübung und Verschwärung der durchsichtigen Hornhaut. — Armann durchschnitt Thieren die zu den Extremitäten verlaufenden Nerven und fand alsbald die Haut hie und da mit Blut unterlaufen, die Muskeln weich, und die Gallenblase gleichzeitig mit wässriger Flüssigkeit, statt mit Galle erfüllt. — Wie kommen diese Leistungen des Nervensystems zu Stande? Sind sie automatischer Natur, Folge eigenthümlicher Erregungszustände gewisser Centraltheile des Nervensystems, oder erfolgen sie in ähnlicher Weise, wie jene oben erwähnten Reflexbewegungen, auf diese oder jene Reize, die ständig auf centripetale Fasern einwirken und gewisse Ganglienzellen und centrifugale Fasern in Erregung versetzen? Dienen ihnen ferner besondere Nervenröhren, oder werden jene Effekte durch dieselben Fasern vermittelt, welche der Bewegung dienen? Leider fehlt uns auch auf diese Fragen bis dahin die genügende Antwort. Wir wissen nur, daß die Effekte selbst da sind, vermuthen, durch einzelne Beobachtungen unterstützt, daß jede centrifugale Faser sich an ihrem Zustandekommen in gewisser Weise betheiligt, und können nur für einige drüsige Organe behaupten, daß der ihre Absonderungen hervorrufende Nervenstrom unter Umständen in derselben Art und Weise erregt wird, wie der die Reflexbewegungen hervorrufende Strom, wie z. B. die Speichelabsonderung durch in den Mund genommene, insonderheit durch sog. scharfe Substanzen, in hohem Grade gesteigert wird.

Und noch eine weitere, schwierige Frage gesellt sich den obigen hinzu. Wie nämlich hat man sich den Einfluß des Nervensystems selbst zu denken? Wirkt der Nerv nur indirect auf Ernährung, Stoffwechsel, Absonderung u. s. w., und zwar dadurch, daß er auf die Ausdehnung oder Zusammenziehung der zum Theil muskulösen Wandungen der Blutgefäße, auf die Contractionen des Herzens, also auf rascheren oder langsameren Blutumlauf influirt, kräftigere oder weniger kräftige Athmungsbewegungen hervorruft u. s. w.? Oder wirkt er direct, indem er in einer uns freilich noch räthselhaften Weise durch seinen electrischen Strom chemische Verbindungen zersetzt und organischer Elementargebilde Gestaltung bedingt? Auch hier fehlt zur Zeit die sichere Antwort. Ob aber auch jener indirecte Einfluß unter allen Umständen eine bedeutende Rolle spielt, nach den Ergebnissen neuester Forschungen muß man dennoch schließen, daß ihm eine directe Einwirkung des Nervenstromes zur Seite steht, daß jener es nicht allein ist, der die Ernährungsvorgänge und Absonderungen beherrscht, und zwar ist es insonderheit ein berühmt gewordenes Experiment von Ludwig, welches uns zu diesem Schlusse berechtigt. Ludwig erregte durch einen electrischen Strom die zur Unterkieferspeicheldrüse eines Hundes gehenden Nerven und der Erfolg war der, daß der Speichel in bedeutend vermehrter Quantität abgesondert wurde, ohne daß dabei, wie durch genaue Nebenuntersuchungen ermittelt wurde, irgend eine Veränderung im Blutdruck, oder in der Blutvertheilung, oder irgend welche Muskelaction Statt hatte. Damit aber ist der directe Einfluß des electrischen Nervenstromes auf die Absonderung einer Drüse erwiesen. Und vielleicht auch ein andres, nicht minder berühmt gewordenes, zuerst von Bernard und später von vielen Physiologen ausgeführtes Experiment darf als eine Unterstützung jenes unseres Schlusses betrachtet werden. Bernard verletzte eine gewisse Stelle des verlängerten Markes, und die auffallende Folge dieser Verletzung war die, daß der dem Thiere mit den Nahrungsmitteln zugeführte oder aus ihnen im Organismus gebildete Zucker nicht, wie es in der Norm der Fall ist, weitere Umwandlung zu organischen Säuren und schließlich zu Kohlensäure und Wasser erfuhr, sondern als Zucker mit der Absonderungsflüssigkeit der Nieren, dem Harn, den Organismus wieder verließ. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen, und,

bei der noch möglichen anderweitigen Deutung der letztern, insonderheit der erstern, erhalten unsere Anschauungen über die Einflüsse des Nervensystems auf die Ernährungsvorgänge eine ganz neue Richtung, und die hohe Bedeutung der neu gewonnenen Erkenntniß ist leicht zu ermessen. — Und wo, fragen wir endlich wieder, haben die Centralpunkte, die Ganglienzellen, welche die auf Ernährung, Stoffwechsel und Absonderung influirende Erregung der Nervenröhren vermitteln, ihren Sitz? Es scheint in der That mehr als unwahrscheinlich, daß es bestimmte Ganglienzellen giebt, welche nur dieser Function dienen. Will man jedoch unter den sämmtlichen Ganglienzellen von solchen sprechen, die von vorwiegender, und von solchen, die von geringerer Bedeutung für jene Vorgänge sind, so dürfen scheinbar die Ganglienzellen des Eingeweidenervensystems deshalb ein Vorrecht in Anspruch nehmen, weil eben die von ihnen auslaufenden Fasern sich vornämlich an die Blutgefäße begeben und damit einen vorwiegenden Einfluß auf die Blutvertheilung ausüben. Bernard, Budge, Waller, Schiff und Brown-Séquard sahen nach Durchschneidung eines diesem System angehörenden Nerven sofort eine Erweiterung der Blutgefäße und also eine vermehrte Blutanhäufung in den betreffenden Theilen eintreten. Axmann gelangte zu seinem oben erwähnten Resultate nur dann, wenn er die zu den Extremitäten verlaufenden Fasern dieses Systems gleichzeitig mit den vom Rückenmark aus zu ihnen tretenden Fasern, nicht aber, wenn er nur die letztern durchschnitt. Dagegen machen es ältere Beobachtungen und neuere Versuche, wie die oben erwähnten von Magendie, Schiff, Ludwig u. A. sicher, daß auch Ganglienzellen des Gehirns und Rückenmarks Ausgangspunkte jenes bedeutungsvollen Erregungszustandes der Nerven sein können. —

Wir erwähnten oben noch der thierischen Wärme. Auch sie ist ohne Frage in hohem Grade abhängig vom Nervensystem. Zwar wissen wir, daß ein Hungernder friert, und es ist sicher, daß die Wärme des Körpers zum Theil abhängig ist von der Intensität des im Organismus ständig vor sich gehenden, chemischen Verbrennungsprocesses. Liebig sagt in dieser Beziehung in seinen chemischen Briefen (3. Aufl. S. 395) mit Recht: „Die Wechselwirkung der Bestandtheile der Speisen und des durch die Blutcirculation im Körper verbreiteten Sauerstoffs

ist die Quelle der thierischen Wärme." Nichtsdestoweniger ist aber die Betheiligung des Nervensystems bei der Wärmebildung unverkennbar, und nach Allem, was wir bis dahin über diese äußerst schwierig zu behandelnde Frage wissen, will es scheinen, als ob dieselbe eine doppelte sei. Einmal nämlich hat das Nervensystem auf Erzeugung der Wärme Einfluß. Durch Becquerel's, Breschet's und Helmholtz's Untersuchungen wissen wir, daß die durch eine Nervenerregung hervorgerufene Muskelbewegung von erhöheter Wärmebildung begleitet ist. Andrerseits hat es dagegen nur eine regulatorische Bedeutung für die Wärmebildung, der Art, daß wenn sein Einfluß aufgehoben ist, dieselbe unter Umständen über das gewöhnliche Maaß hinausgeht. So fand Bernard in dem oben erwähnten Experimente (s. S. 119), daß die Kopfhaut eines Thieres rasch an Wärme zunahm, wenn die an die Blutgefäße der Haut tretenden Nerven durchschnitten wurden; und die Wärmezunahme fiebernder, schwächlicher Kranken läßt sich vielleicht ebenfalls durch Aufhebung des regulirenden Einflusses gewisser Theile des Nervensystems auf die Wärmebildung erklären.*) Ob aber die Betheiligung des Nervensystems hierbei überall eine nur indirecte, oder hie und da auch eine directe ist, darüber läßt sich noch nicht mit Sicherheit entscheiden. In den meisten Fällen ist sicher das erstere der Fall. Die Erregung eines Nerven wirkt auf die Blutvertheilung, auf die Vorgänge des Stoffwechsels, diese gewinnen an Intensität, und gesteigerte Wärmeproduction ist die indirecte Folge. Wenn Bernard die zu den Blutgefäßen tretenden Nerven durchschnitt, dennoch aber die Wärme des betreffenden Körpertheils sich steigerte, so erklärt sich dies leicht dadurch, daß die Durchschneidung der Nerven auch eine Erweiterung der Blutgefäße, eine Blutüberfüllung desselben Theils zur Folge hatte und ein vermehrter Stoffumsatz nun auch von vermehrter Wärmebildung begleitet war. Allein trotzdem dürfen die berühmten Experimente Sir Benjamin Brodies, die schon 1811 in den „Transactions of the royal Society" und neuerdings in seinen trefflichen „physiological researches" veröffentlicht wurden, wie mir scheint, nicht übersehen werden. Brodie fand, daß trotz des unveränderten Fort-

*) Vgl. Virchow, Specielle Pathologie und Therapie. Bd. I. Hft. 1.

bestandes des Stoffwechsels in einem Thiere, die Wärmeproduction in ihm bedeutend herabgesetzt wurde, wenn der Einfluß des ganzen Gehirns durch Entfernung desselben, aufgehoben war, und es möchte schwer sein zu erweisen, ob nicht in den oben erwähnten Versuchen von Becquerel, Breschet und Helmholtz die Temperaturerhöhung als eine directe Folge der Nervenerregung zu betrachten ist. Es stimmt mit Brodie's Untersuchungen die alltägliche, praktische Erfahrung, daß „nervenschwache" Individuen trotz reichlicher Mahlzeiten, trotz reichlicher Bewegung in freier Luft u. s. w. dennoch oft über Kälte in den Extremitäten u. s. w. klagen und die Hypothese, daß in diesen Individuen die verringerte Wärme dennoch nur als Folge eines mangelhaften Stoffwechsels, eines mangelhaften Oxydationsprocesses anzusehen sei, ist vorläufig weniger durch Thatsachen gestützt, als die, daß der herabgesetzte Nerveneinfluß zum Theil auch direct die Wärme des thierischen Körpers herabsetzt. — Was endlich das Zustandekommen und die Ausgangspunkte dieser Nervenwirkung anbetrifft, so gilt davon dasselbe, was so eben in Betreff des Einflusses des Nervensystems auf Ernährung und Absonderung gesagt wurde. Nur wenige Thatsachen dienen uns hier zur Stütze etwaiger Vermuthungen; noch viele Fragen sind offen. —

Es bleibt uns übrig, die vierte wesentliche Leistung des Nervensystems in's Auge zu fassen. Wir bezeichneten das Nervensystem oben als den Sitz unserer Geistesthätigkeiten, als denjenigen Apparat, an welchen unser Denken und Wollen gebunden ist, dessen Erregungen, wie das Licht von der Farbe, von geistigen Actionen begleitet sind, der ferner in einer besonderen und nahen Beziehung zu unserer unsterblichen Seele steht. — Dürfen wir es bei dem heutigen Standpunkte der Physiologie schon wagen, auf das weite, ebenso anziehende als schwierige Gebiet, welches durch jene Bezeichnung angedeutet wird, einzugehen? —

Der heiße Kampf, welcher heutigen Tages um Kraft und Stoff, um Leib und Seele, um Materie und Geist geführt wird, er gehört in der That, wie es uns scheint, nur zum kleinen Theil vor das Forum der Physiologie, und wenn wir in einem früheren Vortrage *)

---

*) S. Bd. I. S. 189.

schon auf die Nothwendigkeit der Trennung unserer unzweifelhaft an die Gehirnsubstanz gebundenen Geistesthätigkeiten von einer unserm Organismus zugehörigen Seele hinwiesen, so halten wir auch hier an dieser Trennung fest. An das Dasein einer immateriellen Seele glauben wir, ohne über deren etwaigen Sitz auch nur das Geringste aussagen zu können; es verhält sich dieselbe ähnlich zum menschlichen Organismus, wie Gott zu der Welt. Das Gebundensein der Geistesthätigkeiten an die Nervensubstanz können wir aber beweisen, die Discussion über ihr Zustandekommen, ihren Sitz u. s. w. gehört in das Gebiet der Physiologie, und also auch nur auf sie gehen wir hier ein. Doch auf kürzeste Andeutungen beschränkt, wollen wir nur einiger weniger, vorspringender Fragen gedenken.

Das gesammte Gebiet der uns ihrem Wesen nach gänzlich unbekannten Geistesthätigkeiten trennen wir passend in das der Denkbewegungen, das der Gemüthsbewegungen und das der Willensbewegungen. Es sind diese Thätigkeiten an gewisse Theile des Gehirns gebunden, denn ein Mensch oder Thier ohne Kopf denkt, empfindet und will bekanntlich nicht, ein Satz, der eine eben so „triviale," als tiefe Wahrheit enthält. Wie nun aber kommen jene Thätigkeiten oder die Erregungen jener gewissen Theile des Gehirns zu Stande? Wir dürfen nicht anstehen, eine doppelte Möglichkeit für die Entstehung derselben zu statuiren. Auf der einen Seite sind es die Sinneseindrücke, die Empfindungen, welche irgend eine geistige Bewegung, sei es im Gebiete der Gedanken, in dem des Gemüthes, oder dem des Wollens hervorrufen; es ist aber andrerseits auch ein außerhalb der Ganglienzellen liegendes, unerforschliches Etwas, es ist unsere Seele, die jene Erregungen einzuleiten vermag. Im ersteren Falle ähneln die geistigen Bewegungen in der That jenen Reflexbewegungen, die wir oben bei Betrachtung der Muskelbewegungen kennen lernten; ein Sinneseindruck versetzt gewisse Ganglienzellen des Gehirns in Erregung, und diese Erregung pflanzt sich sofort auf jene Zellen fort, an deren Vorhandensein die geistige Thätigkeit gebunden ist. Im zweiten Falle haben wir es dagegen mit ähnlichen Erregungen zu thun, wie sie als ursächliche Bedingungen der sog. automatischen Bewegungen angesehen werden; wir kennen das erregende Etwas nicht, wissen nicht, was die Ganglienzellen in Erregung versetzt,

sondern wissen nur das, daß wenn wir die letztern hinwegnehmen, die Bewegung selbst nicht mehr erfolgt, ihr Erregungszustand also eine nothwendige Bedingung für das Zustandekommen der Bewegung ist. Der Seele, so sagt man, sind die Ganglienzellen des Gehirns eine Claviatur. Je nachdem sie diese oder jene Tasten berührt, erfolgt diese oder jene geistige Bewegung, und diese Bewegungen sind, wie die Töne des Instrumentes, um so harmonischer, um so tiefer und schöner, je feiner und ausgebildeter der Mechanismus des Instrumentes, d. h. der Bau des Gehirns, je inniger und alltäglicher, um den Vergleich beizubehalten, der Verkehr zwischen Spieler und Instrument ist. So hängt denn in der That die Höhe unserer geistigen Bildung, unserer Erkenntniß, unseres Gemüthes und unseres Willens, ab, von dem Reichthum unserer Sinneswahrnehmungen, von der Vielseitigkeit unserer Erfahrungen auf der einen, und von der Innigkeit und Pflege des Verkehrs mit unserer Seele, d. i. mit göttlichen Dingen und Gott selbst, auf der andern Seite. Je höher die Stufe, die sie erreicht, d. h. wieder, je feiner ausgebildet und ausgespielt der Mechanismus, um so reicher die Möglichkeit der Combinationen verschiedener Erregungen, um so reicher die Welt der Ideen. Die Höhe der geistigen Bildung ist nach dieser Vorstellung unfehlbar abhängig von der Größe des materiellen Substrates, von der Anzahl der von Natur gegebenen Ganglienzellen; es kann ein Mensch mit einer geringern Anzahl derselben nicht zu derselben Stufe der Intelligenz, des Ideenreichthums gelangen, wie ein „begabterer," und entsprechend dieser größeren oder geringeren Ausbildung des materiellen Substrates nimmt auch in der Thierreihe der Anschein geistiger Thätigkeit ab. Aber es widerspricht das nicht der schöpferischen Idee, die groß genug ist, um die Leistung nach den gegebenen Kräften zu bemessen.

Und wo nun haben diese den geistigen Thätigkeiten dienenden Ganglienzellen ihren Sitz? Wir können es nicht treffender bezeichnen, als wenn wir sagen, daß sie die den sinnlichen Wahrnehmungen, Empfindungen und körperlichen Bewegungen dienenden Theile des Gehirns überbauen; in dem obern Theile der großen Gehirnhemisphären haben wir sie zu suchen. Ueber die wahrscheinliche nähere Beziehung des kleinen Gehirns zu den willkürlichen körperlichen Bewegungen wurden

oben schon einige Andeutungen gegeben. Es ist jedoch das kleine Gehirn nicht etwa Sitz des Willens selbst, es bietet demselben vielmehr nur, so weit er sich auf Handlungen bezieht, die ersten Angriffspunkte dar, und scheint vermöge seines besondern Mechanismus derjenige Apparat zu sein, in welchem eine Menge einzelner Willensacte sofort zu einem geordneten Ganzen zusammengefaßt werden, jedesmal eine eng zusammengehörige ganze Gruppe von Ganglienzellen gleichzeitig in den Erregungszustand versetzt, und somit die Zweckmäßigkeit, die Coordination der einzelnen körperlichen Bewegungen vermittelt wird. Wir wiederholen es, daß nach Wegnahme des kleinen Gehirns der Wille selbst bei Thieren nicht erloschen ist, und Beobachtungen an Kranken machen es ebenfalls sehr wahrscheinlich, daß es eben so wenig für das Wollen selbst, als für andere Geistesthätigkeiten die Ursprungsstätte bildet. Daran jedoch, daß die die Oberfläche des großen Gehirns, die Wülste der Gehirnwindungen bildenden Ganglienzellen in einer besondern Beziehung stehen zum Denken, zum Gemüth und zum Wollen, daß sie es sind, deren Erregungen allemal von geistigen Thätigkeiten begleitet werden, läßt uns eben so wenig die Experimentalphysiologie, als insonderheit die Beobachtung an Geisteskranken zweifeln. Sehr treffend sagt in dieser Beziehung Virchow:*) „Neben den im Hirn zerstreuten Ganglien, von denen wir wissen, daß sie überwiegend motorische oder überwiegend sensitive Function besitzen, bleibt eine gewisse Masse von grauer Substanz übrig, und dahin gehört hauptsächlich die Hirnrinde, von der wir nichts derartiges aussagen können, bis zu der aber bis jetzt noch kein Anatom peripherische Nerven verfolgen konnte, sondern die zunächst durch weiße Substanz mit den genannten motorischen und sensitiven Knoten in Verbindung steht. Wenn nun insbesondere die Erfahrung an Kranken lehrt, daß sowohl durch directe Veränderung dieser grauen Rinde, als auch durch Störung der Leitung zwischen ihr und den nächsten Knoten psychische Störungen bedingt werden, nicht bloß Unterbrechungen der bewußten Empfindung und der willkürlichen Handlung, sondern auch Störungen des Denkens, der Er=

*) Artikel: Transcendenz und Empirie in Virchow's Archiv für pathologische Anatomie. Bd. VII. Hft. 1. 1854.

innerung, der Phantasie, sollen wir dann nicht schließen, daß gerade diese Anhäufung von Ganglienzellen eine speciellere Bedeutung für das Zustandekommen psychischer Leistungen beanspruche?" Und wir können noch einen Schritt weiter gehen. Wir dürfen selbst den Denkbewegungen einer=, und den Gemüthsbewegungen andrerseits eine bestimmte Localität ihres Zustandekommens anweisen, der Art, daß jene in dem vordern Theile, diese in dem hintern Abschnitte der oberflächlichen Theile der großen Gehirnhemisphären zu suchen sind. Wie Vieles auch an der Gall'schen Schädellehre auszusetzen sein mag, in der Behauptung erweist sie sich im Allgemeinen als richtig, daß ein umfangreicher Vorder= oder Stirntheil des Schädels im Allgemeinen auf höhere Denkfähigkeit, ein umfangreicher Scheiteltheil auf eine reichere Anlage zur Entwicklung des Gemüthslebens schließen läßt. Es stimmen mit diesen verschiedenen Aussprüchen nicht nur die vergleichend anatomischen Untersuchungen bei verschiedenen Thieren, sondern auch die Ergebnisse der erst neuerdings sorgfältiger angestellten vergleichend=anthropologischen Untersuchungen. Je weiter wir in den verschiedenen Classen der Wirbelthiere hinabsteigen, um so mehr verliert, wie wir oben erfahren haben, das große Gehirn an Umfang, desto flacher und spärlicher werden seine Windungen. Ganz dem entsprechend nimmt aber auch die geistige Befähigung der Thiere von Stufe zu Stufe ab, und mit Recht verlegen wir deshalb den Sitz der geistigen Bewegungen in jenen wesentlichen Abschnitt des Nervensystems. Huschke ferner theilt uns nicht nur mit, daß das Gewicht des gesammten Hirns und damit die größte Befähigung zu sämmtlichen Leistungen des Nervensystems am größten sei bei den verschiedenen Gliedern des germanischen Stammes, den Deutschen, Engländern und Flamändern (im Durchschnitt 1445 Grm.), daß ihnen der celtisch=romanische Stamm, die Schotten und Franzosen, folgen, (1313—1320 Grm.), zu unterst aber die Neger und Bewohner Ostindiens stehen, bei denen sich selbst Hirne von 737 Grm. Gewicht finden und der Typus des Hirns (wenigstens bei den Negern) dem des kindlichen und dem des Hirns der höhern Affen nahe kommt, sondern auch die wichtige Thatsache hebt er hervor, daß die Glieder des germanischen Stammes mehr großes und verhältnißmäßig weniger kleines Gehirn haben, als die des celtisch=romanischen Stammes, daß ferner, nach Parkes' Unter=

suchungen, die Hindus nicht nur überhaupt ein kleineres Gehirn, als die Engländer (1176 : 1435 Grm.) besitzen, sondern diese im Verhältniß zum kleinen auch mehr großes Gehirn besitzen, als jene, der Art, daß bei den Engländern auf 1258 Grm. großes 177 Grm. kleines, bei den Hindus dagegen auf 1117 Grm. großes 157,7 Grm. Hinterhauptshirn kommen. Ohne Anstand dürfen wir es aber behaupten, daß ganz entsprechend diesen Gewichtsverhältnissen des großen Gehirns auch die Größe der geistigen Begabung im Allgemeinen bei den verschiedenen Nationen variirt, ein Ausspruch, der in dem weitern und wünschenswerthen Verfolge vergleichend-anthropologischer Studien und Hirnwägungen ohne Zweifel seine Bestätigung finden wird. Und wenn endlich bei einzelnen, besonders durch geistige Begabung ausgezeichneten Männern abnorm schwere Gehirne gefunden wurden, wie u. A. bei Lord Byron angeblich ein Gehirn von 2238 Grm. Gewicht, bei Cuvier von 1829 Grm., wenn andrerseits geistig verkümmerte Individuen, wie die Cretins, sehr kleine Gehirne (nach Sims, Leuret, Tiedemann, Esquirol u. A. von 772—500 Grm. Gewicht) und besonders vorn abgeflachte Hemisphären des großen Gehirns besitzen, wenn ferner das Stirnhirn der Neugeborenen im Verhältniß zum übrigen großen Gehirn kleiner ist, als das der Erwachsenen, so findet auch darin der Schluß auf eine besondere Beziehung der Größe des Gehirns überhaupt, wie der Größe der vorderen Hemisphären im Besondern zu den Thätigkeiten des Geistes seine Berechtigung.

In trefflicher Weise hat Huschke auch die Größen- und Gewichtsverhältnisse des Vorderhirns im Verhältniß zu dem hintern Abschnitt der großen Hirnhemisphären verfolgt. Was wir oben über die Vertheilung der Geistesthätigkeiten auf beide Abschnitte angedeutet, findet darin seine Bestätigung. „Nach Freiheit strebt der Mann, das Weib nach Sitte." Dort ragt im Allgemeinen die Denkkraft, der Verstand, das urtheilsvolle Streben nach Handlungen, hier das Gemüth, die Liebe, das Handeln nach Gefühlen hervor. Ganz dem entsprechend ist nun aber auch im Durchschnitt das Gewicht des vorderen Abschnittes der großen Gehirnhemisphären im Verhältniß zu dem des hinteren Abschnittes beträchtlicher beim Manne, als beim Weibe; und es steht ferner damit im Einklang, daß, nach Beobachtungen und Erfahrungen an

Kranken, Störungen der Gemeingefühle, Schmerzen u. s. w. die gewöhnlichen Begleiter von Erkrankungen der hinteren Lappen des großen Gehirns, Störungen der Denkkraft mit Leiden der vordern Abschnitt verbunden sind.

Ein Weiteres ist uns hier nicht gestattet. Schon zu lange fast verweilten wir bei einem nur einen einzelnen Theil unserer Aufgab bildenden Gegenstand. Doch seine hohe Bedeutung für die richtige Auffassung der Erscheinungen des thierischen Lebens überhaupt wird diesen Aufenthalt rechtfertigen. Eine tiefe Wahrheit liegt in den wenigen Worten Sir Benjamin Brodie's, die er bei Gelegenheit einiger trefflicher Bemerkungen über den Einfluß des Nervensystems auf die Production der thierischen Wärme aussprach: „the nervous system is the animal.“ Die Mehrzahl der niedern Thiere, beschränkt auf ein fast ausschließlich vegetatives Leben, sie würde dennoch ohne Vorhandensein des Nervensystems dieses Leben nicht führen können, und haben wir in den höhern Thierformen die Abhängigkeit der vegetativen Lebensvorgänge ebenfalls als in directester Abhängigkeit von dem Nervensystem kennen gelernt, haben wir das letztere hier als das von Stufe zu Stufe sich höher und feiner entwickelnde Organ der Geistesthätigkeiten kennen gelernt, so ist damit seine Bedeutung nur um so mehr in ein helles Licht gestellt. — Doch vergessen wir es dabei nicht, daß die Bildung, Entwicklung und andauernde Leistungsfähigkeit oder Erhaltung des Nervensystems selbst abhängig ist von dem Materiale, welches zu seiner Bildung und steten Verjüngung dargeboten wird, von dem Blute; erinnern wir uns der treffenden Worte Romberg's, daß der Nerv mit Schmerz um gesundes Blut bettelt, daß im letzten Gliede von der Qualität und Quantität unserer Nahrungsmittel auch die Leistungsfähigkeit des Nervensystems bedingt ist. Ungestraft werden wir es durch Excesse irgend welcher Art nicht verletzen oder schwächen, nicht die in ihm waltende Kraft verschwenden, denn ständig in übermäßiger Thätigkeit erhalten, kann es sich nicht in naturgemäßer Weise auch ständig verjüngen, beeinträchtigt es den Ablauf der vegetativen Lebensvorgänge und frühzeitiger Untergang des ganzen Organismus ist die unausbleibliche Folge. Ungestraft werden wir aber auch nicht seinen Lebensquell, das Blut, in seiner normalen Zusammensetzung

stören, eine jede Störung auf dieser Seite hat vielmehr eine Störung in der Zusammensetzung und damit der Leistungsfähigkeit des Nervensystems im Gefolge. — So hält die Natur unser Thun und Lassen ständig im Schach; einen Schritt nur über die Felder hinaus, auf die sie uns beschränkt, und das Spiel ist verloren. Erklären wir uns denn willig matt, und genießen mit einsichtsvoller Zufriedenheit die reichen Freuden, die sie uns trotz ihrer Herrschaft über uns und trotz unserer Gebundenheit nicht nur finden läßt, sondern auch zu genießen gestattet. —

Elfter Vortrag.

Der Bau und die Verrichtungen der Sinnes- und Bewegungsapparate.

[illegible] Höhe hat vielmehr eine Störung [illegible] der Leistungsfähigkeit des Nerven- [illegible] die Natur unser Thun und Lassen [illegible] über die Felder hinaus, auf die sie [illegible] Erklären wir uns denn willig [illegible] Zufriedenheit die reichere Freuden, [illegible] und trotz unserer Gebunden- [illegible] gestattet. —

Wenn wir die Nervenröhren in vorstehendem Vortrage Leitungsdrähten verglichen, welche, durch die verschiedenartigsten Eindrücke erregt, den jedesmaligen Erregungszustand auf die Centraltheile des Nervensystems zu übertragen, oder, von diesen aus erregt, eine Bewegung bald dieser, bald jener Theile des Organismus hervorzurufen bestimmt seien, so drängt sich uns bei der Ueberlegung, daß die Endigungen dieser Leitungsapparate nirgends frei zu Tage liegen, die doppelte Frage auf, wie jene Eindrücke zu ihnen hingelangen, wie ferner die Erregung der motorischen Nerven auf die zu bewegenden Theile einwirkt und welches diese letztern selbst sind. So einfach die Frage lautet, so schwierig ist dennoch in mancher Beziehung die bestimmte Antwort; im Allgemeinen mögen zunächst die folgenden Bemerkungen der Vorstellung zum Anhalt dienen.

Der sensible Nerv wird einmal direct von gewissen Einwirkungen getroffen. Ständig von dem in seinen Gefäßen kreisenden Blute umflossen, ständig in unmittelbarer Berührung mit der die sämmtlichen Weichtheile des Organismus durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit, ist er auch ständig den Einwirkungen beider ausgesetzt. Es bestehen diese letzteren aber vorzugsweise in der Hervorrufung en- und exosmotischer Strömungen (s. Bd. I. S. 266), und je nach der Zusammensetzung des Blutes und der Ernährungsflüssigkeit selbst, werden diese Strömungen sowohl, als auch die chemische Zusammensetzung des Nerven eine Veränderung erfahren müssen. Ist also z. B. das Blut oder die Ernährungsflüssigkeit in Folge reichlichen Salzgenusses salzhaltiger, als im Normalzustande, so wird dem Nerven sonder Zweifel ein Theil seines Wassergehaltes entzogen und die damit eintretende Veränderung seiner

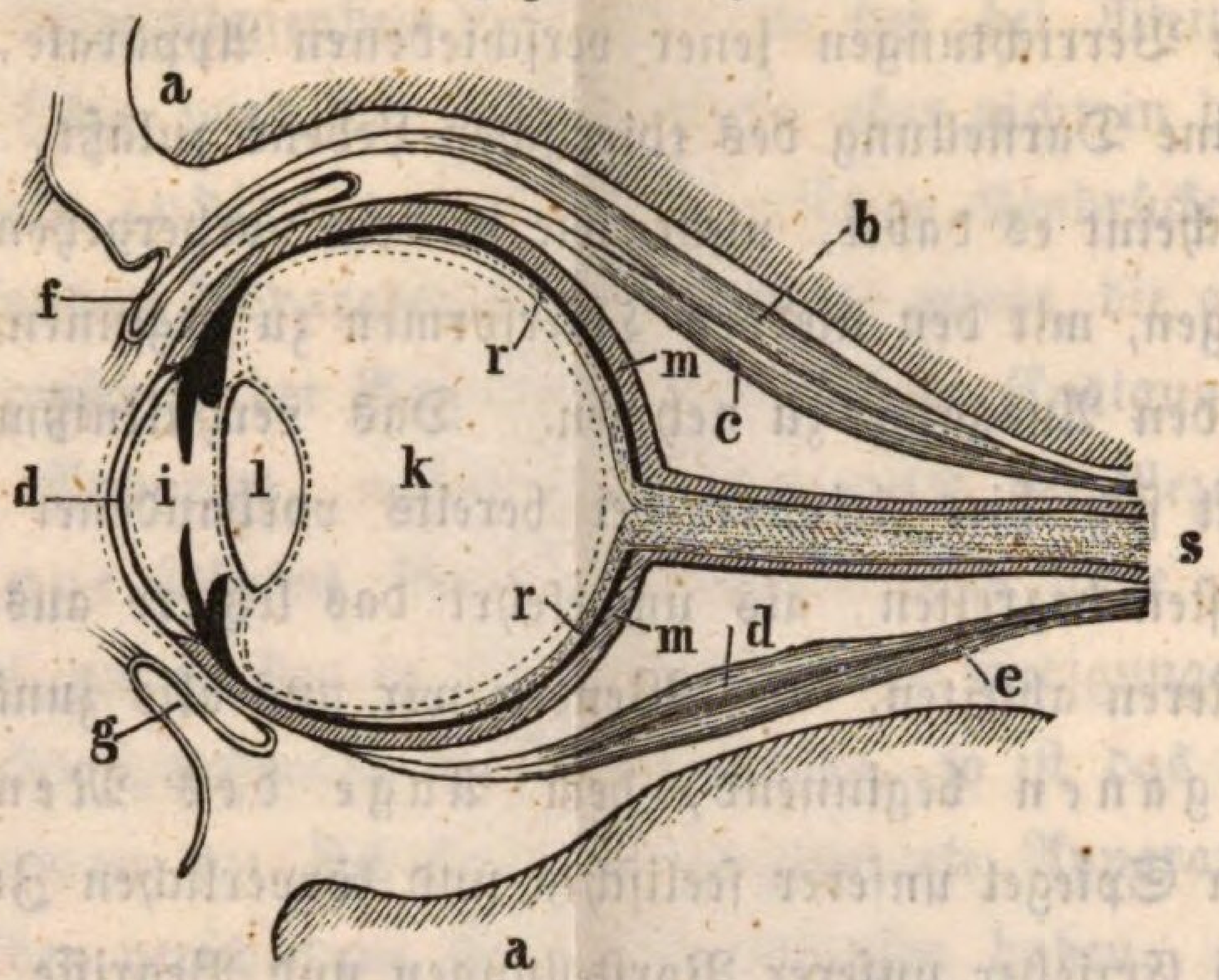
chemischen Mischung kommt als Durst zu unserm Bewußtsein. Ganz in ähnlicher Weise entstehen wahrscheinlich auch andre Allgemeingefühle, als Hunger, Abgeschlagenheit u. s. w. In der bei Weitem größten Mehrzahl der Fälle wird der sensible Nerv aber nicht in dieser Weise, er wird vielmehr indirect von irgend welchen Eindrücken getroffen. Er ist mit besondern Apparaten in Verbindung gesetzt, die als Vermittlungsglieder zwischen der Außenwelt und seinen Endigungen zu betrachten sind, Apparate, welche allgemein unter der Bezeichnung der Sinnesorgane bekannt sind. So nimmt das Auge zunächst die Lichtwellen auf, um sie den in ihm ausgebreiteten Endigungen des Sehnerven in zweckentsprechender Weise zuzuführen; so ist das Gehörorgan der zur Perception der Schallwellen vorgerichtete Apparat, und erst nachdem dieselben verschiedene Medien durchlaufen haben, gelangen sie zu den in den innern Abtheilungen des Organes befindlichen Endausbreitungen des Hörnerven; so ist ferner die Haut das die Tast-, Temperatur- u. a. Eindrücke aufnehmende Organ, und was sie an Eindrücken empfängt, wird nur durch sie hindurch zu den in ihr sich verbreitenden Nervenendigungen fortgeleitet. — Anders jedoch mit den motorischen Nerven, die am centralen Ende erregt, Bewegung hervorrufen. Sie endigen, so weit man sie bis dahin hat verfolgen können, als selbst mit stark bewaffnetem Auge kaum wahrnehmbare, zum Theil verzweigte Fasern in der Substanz der Muskeln, rufen, in den Erregungszustand versetzt, in bis dahin unerklärter Weise eine Zusammenziehung oder Zuckung derselben hervor, und bedingen damit eben die körperliche Bewegung. — Woraus aber bestehen diese Muskeln? Was lehrt das Mikroscop in Betreff ihres feineren Baues? Wie ferner steht es um die Construction jener Sinnesapparate bei den verschiedenen Thierformen? Eine überreiche Fülle des interessantesten Materiales liegt auch hier wieder vor uns, und fast mit Bedauern fühlen wir die Nothwendigkeit, auch hier die nur zu leicht überschrittenen Grenzen einer allgemeinen Betrachtung innehalten zu müssen. Auch hier wieder sind durch die mikroscopischen Forschungen der Neuzeit die bedeutsamsten Fortschritte errungen, und ein Vergleich des heutigen Standes unserer Kenntnisse vom feinern Baue des Auges, des Ohres, der Muskeln u. s. w. mit dem, was vor 10 Jahren unser Eigenthum war, erregt eine ge-

rechte Bewunderung der Leistungsfähigkeit einer einzelnen Generation. Dennoch soll es die Aufgabe der vorliegenden Betrachtung sein, den Bau und die Verrichtungen jener verschiedenen Apparate, so weit es eine allgemeine Darstellung des thierischen Lebens zuläßt, zu verfolgen. Geeignet erscheint es dabei, nicht, wie in dem vorhergehenden und spätern Vorträgen, mit den niedern Thierformen zu beginnen, sondern von den höhern den Ausgang zu nehmen. Das verhältnißmäßig Unvollkommene läßt sich hier leichter bei bereits vorhandener Kenntniß des Vollkommensten begreifen, als umgekehrt das letztere aus der Darstellung des ersteren ableiten. — Wenden wir uns also zunächst, mit den Sinnesorganen beginnend, dem Auge des Menschen, dem wunderbaren Spiegel unserer seelischen und körperlichen Zustände, dem einflußreichen Erzieher unserer Vorstellungen und Begriffe, zu.

Das Auge des Menschen ist ein kugelförmiges, nicht aber kugelrundes, sondern nach vorn in Form einer Ellipse gewölbtes Organ. Es ruht in der Augenhöhle des Schädels, eingebettet in ein weiches Lager lockeren, zum Theil mit Fett erfüllten Zellgewebes, und umgeben von verschiedenen Gebilden, die theils zu seinem Schutze dienen, theils für seinen Glanz und seine Reinerhaltung sorgen, theils endlich seine vielfachen Bewegungen vermitteln. Zum Schutze vor zu grellem Licht, vor fremden Körpern, vor den von der Stirn rinnenden Schweißtropfen u. s. w. dienen die Augenbrauen, die Augenwimpern und die mit besondern Schließ- und Oeffnungsmuskeln versehenen Augenlider. Die vordere Fläche des Auges ständig feucht und rein zu erhalten, tragen die an dem äußern Winkel und unter dem Dache der Augenhöhle gelegenen Thränendrüsen Sorge; ihr Absonderungsprodukt, die salzige Thränenfeuchtigkeit, tritt aus den Ausführungsgängen der Drüsen an der innern Fläche der obern Augenlider nahe dem äußern Augenwinkel hervor, fließt quer über die Vorderfläche des Auges hinweg und wird im innern Augenwinkel wieder von den sog. Thränenpunkten, den Oeffnungen des sog. Thränensackes, der seinen Inhalt wieder der Nasenhöhle zuführt, aufgenommen. Das Auge zu bewegen dienen endlich die Augenmuskeln, die, wie wir schon früher erfahren haben, von dem dritten, vierten und sechsten Gehirnnervenpaar zur Bewegung veranlaßt werden (Fig. 142 a. f. S.). So umgeben, nimmt

der Augapfel selbst, eine von verschiedenen, zum größten Theil durch-

Fig. 142. *)



sichtigen Gebilden erfüllte Hohlkugel, den mittleren Theil der Augenhöhle ein. Die aus verschiedenen Schichten gebildete Wand dieser Hohlkugel läßt aber kein Licht durch sich hindurch. Nur an der vorderen Fläche findet sich in die undurchsichtige, weiße Haut, die uhrglasförmige, durchsichtige sog. Hornhaut eingesetzt, und durch sie hindurch dringen die Lichtstrahlen in das Innere des Auges ein. Hinter dieser Hornhaut, die wie die ganze vordere Fläche des Augapfels von der zarten, die Lider und den Augapfel verbindenden, sog. Bindehaut überzogen, an ihrer hintern Fläche aber ebenfalls von einer äußerst

*) Idealer senkrechter Durchschnitt des menschlichen Auges. — aa obere und untere knöcherne Wand der Augenhöhle. b Der das obere Augenlid hebende Muskel. c Oberer grader Augenmuskel. d Unterer schräger Augenmuskel. e Unterer grader Augenmuskel. f Oberes, g Unteres Augenlid. h Hornhaut, vorn von der Bindehaut, hinten von der Descemett'schen Haut überkleidet. i Augenkammer, die durch die Iris in einen vorderen und hinteren Abschnitt getheilt wird. Hinter der Iris liegt der sog. Ciliarkörper. l Linse, von der Kapselhaut umkleidet. k Glaskörper, von einer feinen Begränzungshaut umgeben. Dieser folgt nach außen r, die Netzhaut oder Retina (Ausbreitung des Sehnerven); dieser wieder die als schwarze Linie dargestellte Gefäßhaut; und dieser wieder m, die Sklerotica oder weiße Haut. s Der Sehnerv. —

zarten, der sog. Descemett'schen Haut überkleidet ist, befindet sich ein mit dem durchaus klaren Augenkammerwasser erfüllter Hohlraum, die sog. vordere Augenkammer, die von den weiter nach hinten gelegenen Theilen theils durch die verschieden gefärbte, einem Vorhange vergleichbare Regenbogenhaut (Iris) abgeschieden ist, theils aber auch mit ihnen durch die in der Mitte der Regenbogenhaut befindliche, schwarz erscheinende Oeffnung die sog. Pupille, in Communication steht. Allein schon dicht hinter dieser Oeffnung wird der Hohlraum auch hier durch die daselbst gelegene Crystalllinse und den sie umgebenden, aus elastischen Fasern und Blutgefäßen bestehenden, sog. Ciliarkörper abgeschlossen, ein Abschluß, welcher durch den hinter der Linse gelegenen, umfangreichen sog. Glaskörper und durch die diesen ebenso, wie die Linse, in Form einer Kapsel überziehende, äußerst feine Begränzungs- und Linsenkapselhaut vervollständigt wird. Diese Begränzungshaut des der Masse nach wesentlichsten Inhaltes des Augapfels, des Glaskörpers, gränzt nun aber unmittelbar an die sog. Netz- oder Nervenhaut des Auges, welche von den flächenförmig ausgebreiteten, mit den schon bekannten eigenthümlichen Endapparaten versehenen Fasern des Sehnerven gebildet wird. Die Nervenhaut wieder ist von der aus dunkelbraunen Farbstoff haltigen Zellen, Blutgefäßen und elastischen Fasern zusammengesetzten sog. Gefäßhaut (Choroidea) umgeben, und diese wieder wird von der starken, aus dichtgelagerten Fasern bestehenden, weißen Haut, der sog. Sklerotica, die bis an die Hornhaut hinanreicht, umhüllt. Wir können darnach die Hornhaut gewissermaaßen als die Fortsetzung der weißen Haut betrachten, während die Iris und der Ciliarkörper bestimmt als die Fortsetzung der der weißen Haut innen anliegenden Gefäßhaut anzusehen sind.

Mit Hülfe der beigegebenen Figur wird es leicht sein, von den Lagerungsverhältnissen dieser einzelnen Theile des Auges eine richtige Anschauung zu gewinnen. Schwierig, und für die richtige Vorstellung von der Leistung des Auges doch unerläßlich nothwendig, ist dagegen die Darstellung und Auffassung des feineren Baues der die Lichtempfindung vermittelnden Netz- oder Nervenhaut. Die hierauf bezüglichen Ergebnisse älterer und insonderheit neuester Forschungen von H. Müller, Kölliker u. A. lassen sich in Kürze etwa

in Folgendem zusammenfassen. Der Sehnerv tritt von dem Gehirn aus, an der hintern Fläche des Augapfels und etwas nach innen von der Achse desselben, als dickes Bündel unzähliger Nervenröhren durch die weiße und die Gefäßhaut, hindurch. Angelangt im Innern des Augapfels entfalten sich jetzt seine Fasern nach allen Richtungen, um, einem Schirme vergleichbar, die hintere und größere Hälfte des Glaskörpers zu umfassen. Eine jede dieser Fasern verbindet sich aber früher oder später mit einer Ganglienzelle, die ihrerseits wieder mit den beibezeichneten eigenthümlichen Endapparaten der Sehnervenfasern in Verbindung steht. Diese Apparate (Fig. 143) stehen dichtgedrängt zu Tausenden senkrecht

Fig. 143 a.*)

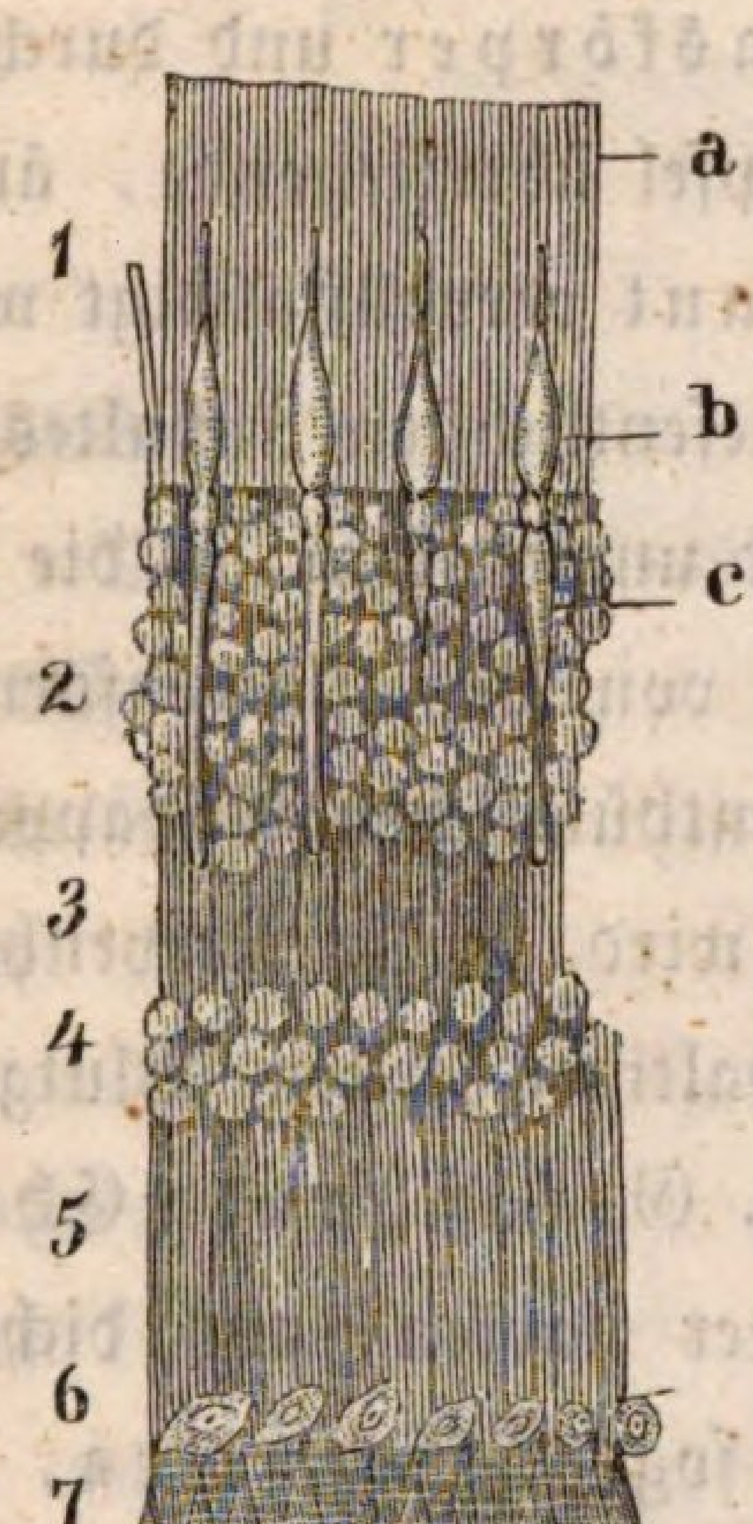


Fig. 143 b (s. S. 64).



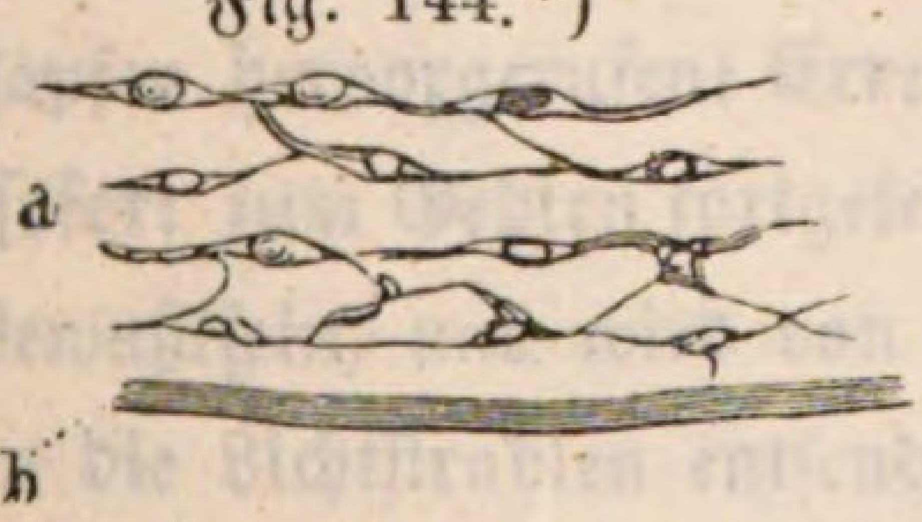
auf der Begränzungshaut des Glaskörpers, verleihen der Netzhaut durch die Lagerung ihrer einzelnen Theile in gleichem Niveau den Anschein eines geschichteten Baues, und sie eben sind es, die, durch den

*) Senkrechter Durchschnitt von außen nach innen durch die menschliche Netzhaut. 1 Stäbchenschicht. 2 Aeußere Körnerschicht. 3 Zwischenkörnerschicht. 4 Innere Körnerschicht. 5 Feingranulirte Schicht. 6 Ganglienzellenschicht. 7 Sehnervfasern und innere Enden der sog. Radialfasern. 8 Begränzungshaut des Glaskörpers. — a Stäbchen. b Zapfen. c Zapfenkörner. (Nach Kölliker a. a. O.)

Lichtstrahl in eigenthümlicher Weise erregt, diese Erregung auf die Nervenfaser übertragen. Fällt nun ein Lichtstrahl auf das Auge, so dringt er zunächst durch die Hornhaut ein, durchläuft die in der vorderen Augenkammer enthaltene Flüssigkeit, geht durch die Linse und den Glaskörper hindurch, durchdringt wahrscheinlich zunächst auch die Nervenfaserschicht der Netzhaut, wird dann aber von den Stäbchen und Zapfen aufgefangen und von diesen erst als Nervenreiz den Fasern des Sehnerven rückwärts überliefert. Ueber die physiologische Bedeutung der einzelnen Theile der Endapparate der Sehnervenfasern läßt sich bis dahin kaum etwas Bestimmtes angeben. Sei es jedoch erwähnt, daß an einem, und zwar dem dem hintern Ende der Augenachse entsprechenden Punkte der Nervenhaut die Nervenfasern auseinanderweichen und eine Lücke zwischen sich lassen, so daß ein diese Stelle treffender Lichtstrahl leichter, als an andern Stellen, die Stäbchenschicht der Netzhaut erreichen kann. Dieser sog. gelbe Fleck der Netzhaut besitzt nun aber gerade die stärkste Empfindlichkeit gegen den Lichtstrahl, und es ist deshalb wahrscheinlich, daß die Stäbchen die eigentlichen, lichtauffangenden Gebilde sind.

Die durchsichtigen Theile des Auges haben sämmtlich die Aufgabe, die von einem Punkte ausgehenden und auf die Hornhaut treffenden Lichtstrahlen von ihrer anfänglichen Richtung abzulenken und der Art zu vereinigen, daß sie in einem Punkte des innern Auges, der vermöge des sog. Accommodationsvermögens des Auges immer in die Netzhaut gebracht werden kann, zusammentreffen und damit ein punktförmiges Bild ihres Ausgangspunktes erzeugen. Wir haben, als zu diesen Theilen gehörig, die Hornhaut, die Augenkammerflüssigkeit, die Linse und den Glaskörper kennen gelernt. Nur wenige Bemerkungen noch über die Structur derselben. Die **Hornhaut** wird, abgesehen von ihrem vorderen und hinteren Ueberzuge, aus netzförmig verflochtenen Bindegewebsfasern (Fig. 144)

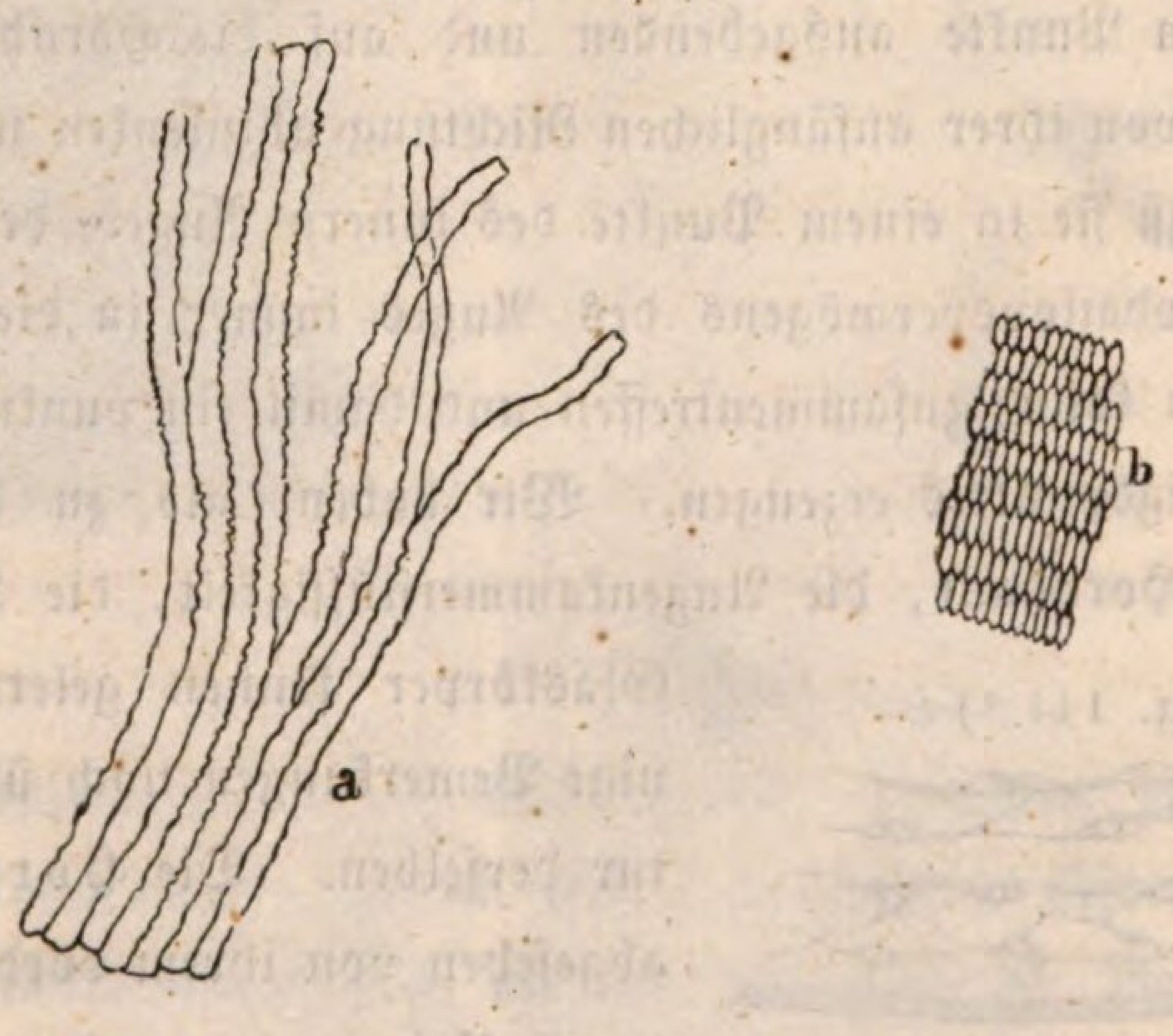
Fig. 144.*)



*) Hinteres Stück der Hornhaut. a Entwickeltes Fasergewebe der Hornhaut mit communicirenden sog. Bindegewebskörperchen. b Structurlose Descemett'sche Haut an der hintern Fläche der Hornhaut.

gebildet, die ein durch zarte Röhren verbundenes System von Zellen dicht umstricken, ein System, welches mit dem aus den Blutgefäßen aufgesaugten Ernährungssaft erfüllt, denselben allen Theilen der Hornhaut zuführt. Eine derartige Einrichtung zartester, mit Ernährungsflüssigkeit erfüllter Zellhöhlen und Canäle findet sich in verschiedenen Geweben des Thierkörpers, deren feste, dichte Structur den Eintritt von wahren, Blutkörperchen tragenden Blutgefäßen unmöglich machte, so z. B. in den Knochen, den Zähnen u. s. w., ganz abgesehen davon, daß in der Hornhaut das Kreisen von Blutkörperchen das Sehen ständig getrübt haben würde. Das Augenkammerwasser ist eine helle, klare Flüssigkeit, die in ihrer Zusammensetzung Aehnlichkeit mit dem später zu erwähnenden Blutserum hat. Die Linse ferner ist ein biconvexer, vorn aber weniger, als hinten gewölbter, crystallheller, festweicher Körper, der von einer Kapsel umschlossen, in der sog. tellerförmigen Grube des Glaskörpers ruht, und von außen nach innen an Festigkeit seiner Substanz zunimmt. Ihre eigentliche Substanz besteht aus den sog. Linsenfasern, sechseckigen zarten Röhren (Fig. 145), die mit einem zäh-

Fig. 145.*)



flüssigen, stark lichtbrechenden Inhalt erfüllt sind. Ueber die Anord-

*) Linsenfasern. a Vom Ochsen mit leicht zackigen Rändern (350mal vergr.), der Länge nach. b Querschnitt der Fasern vom Menschen (350mal vergr.). — (Nach Kölliker Mikroskop. Anatom. Bd. 2. S. 704. —)

nung dieser Fasern ist man jedoch noch nicht ganz im Klaren. Während sie nach der bis dahin herrschenden Ansicht von Kölliker u. A. nie die ganze Linse, sondern nur etwas weniger als die Hälfte umfassen und sich ihre Lagerung der Art gestaltet, daß sie auf der hintern, wie vorderen Fläche der Linse eine sternförmige Figur bilden, machen es neuere Untersuchungen von Dr. Thomas aus Königsberg und Prof. Czermak *) wahrscheinlich, daß die Fasern der Linse verschiedene concentrische Kreise bilden, über deren Vorhandensein bei den Fischen vorläufig mit Bestimmtheit entschieden ist. — Der Glaskörper endlich ist eine glashelle, zähflüssige Masse, in der sich nicht, wie man früher annahm, häutige Scheidewände, sondern nur einzelne, zerstreute, gegen die Peripherie hin angehäufte, runde oder langgestreckte, kernhaltige Zellen finden. Er ist dabei, wie schon erwähnt, von einer Begränzungshaut umgeben, die sich vorn in zwei Blätter spaltet, und in dieser Weise die Kapsel der Linse bildet (s. Fig. 142).

Es kann hier nun nicht unsere Aufgabe sein, den Gang oder die Brechung der Lichtstrahlen in den einzelnen Medien des Auges zu untersuchen; eine verständliche Mittheilung der in dieser Beziehung bahnbrechenden, trefflichen Arbeiten von Listing **) würde uns zu weit vom Wege abführen. Nur so viel wollen wir erwähnen, daß die von einem Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen, ähnlich wie in einer camera obscura, auf der hintern, innern Fläche des Auges ein verkleinertes Bild des Gegenstandes (Fig. 146 a. f. S.), aber in umgekehrter Stellung, entwerfen, und daß wir uns hier jeden einzelnen Punkt des Objectes ebenfalls als einzelnen Punkt von einem besondern Stäbchen oder Zapfen percipirt vorstellen müssen. Jede vermittelst dieser Stäbchen oder Zapfen hervorgerufene Erregung einer Faser des Sehnerven wird sodann sofort zum Gehirn fortgeleitet, gelangt hier erst als Lichtempfindung zum Bewußtsein, und wird von unserm Urtheil auf den Ausgangspunkt, auf den die Lichtstrahlen entsendenden Gegenstand zurückgeführt.

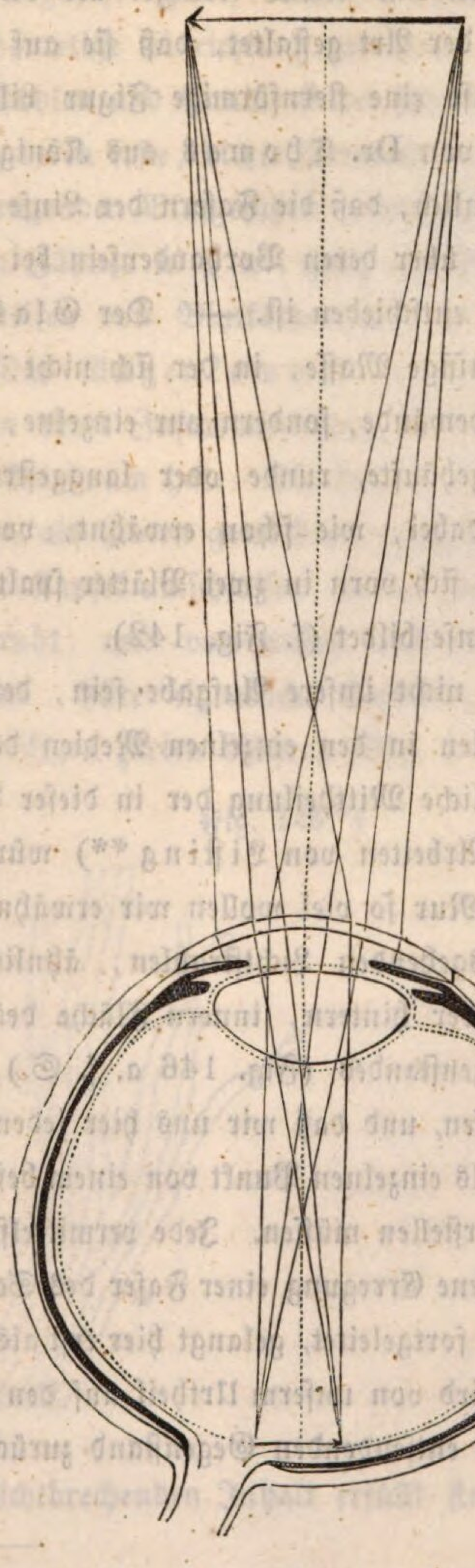
---

*) Vgl. von Siebold und Kölliker's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 1855. Bd. 7. Hft. 3.

**) S. Listing: Mathematische Discussion des Ganges der Lichtstrahlen im Auge in Rud. Wagner's Handwörterb. der Physiol. Bd. IV.

Wie in unsern optischen Instrumenten, so würden aber auch im

Fig. 146.



Auge mannigfache Störungen der Gesichtswahrnehmungen entstehen, wenn ihnen nicht, gleichwie in jenen Instrumenten, durch gewisse Vorrichtungen, durch sog. Correctionsapparate vorgebeugt wäre.

Es bildet sich, wenn wir durch einfache Glaslinsen sehen, in Folge einer verschiedenen Brechung der Lichtstrahlen am Rande und in der Mitte der Linse ein farbiger Kreis; aus demselben Grunde ferner treffen diesseits der Linse die sog. Randstrahlen früher zusammen, als die centralen, und das Bild wird in Folge davon undeutlich. Um diese sog. chromatische und sphärische Aberration der Lichtstrahlen abzuhalten, verbindet der Optiker bekanntlich mehre Linsen mit einander, setzt seine feinsten, sog. achromatischen und aplanatischen Linsensysteme aus verschiedenem Glas, aus Kron- und Flintglas, zusammen, giebt der vordern und hintern Fläche der Linse eine verschiedene Wölbung, und versieht endlich seine Instrumente noch mit einer die Randstrahlen abhaltenden sog. Blendung. Ganz in ähnlicher Weise ist aber im Auge der Möglichkeit jener Störungen vorgebeugt. Gleich einer Blendung hängt die Iris vor der Linse und verhütet, daß der Rand derselben überhaupt von Lichtstrahlen getroffen wird; und in der bereits geschilderten Zusammensetzung und Form der Linse selbst müssen wir eine zweite Bedingung für die Vermeidung sphärischer und chromatischer Aberrationen der Lichtstrahlen im Auge erblicken. Doch nicht nur das. Die an Blutgefäßen und Nerven reiche, an ihrer hintern Fläche mit dunkeln Farbstoff haltigen Zellen versehene Iris besitzt auch verschiedene kreisförmig und strahlenförmig geordnete Muskelfasern, und während die ersteren durch ihre Zusammenziehung eine Verengerung der Pupille verursachen, führen die zweiten in gleicher Weise eine Erweiterung derselben herbei. Diese Verengerungen und Erweiterungen der Pupille, von denen sich ein Jeder leicht überzeugen kann, dienen aber, jene, um bei zu scharfem Licht eine größere Anzahl von Strahlen abzuhalten, diese, um bei schwächerem Licht eine größere Menge von Licht in das Auge einzulassen, und, unwillkürlich nach dem Gesetze der Reflexbewegungen sich bewegend, sind es somit diese Muskeln der Regenbogenhaut, denen wir eine zweckentsprechende Regulation der dem Auge unter verschiedenen Verhältnissen zusagenden und erforderlichen Lichtmenge verdanken. Durch die dunkeln Farbstoff enthaltenden Zellen der Innenfläche der Gefäßhaut (Fig. 147 a. f. S.) ist endlich dafür gesorgt, daß die neben den jedesmal zu percipirenden Lichtstrahlen eines bestimmten Objectes einfallenden überflüssigen Strahlen aufgesogen

werden und somit die deutliche Wahrnehmung des ersteren nicht beeinträchtigen. Die ersteren selbst werden aber ebenfalls zum großen Theile von der Gefäßhaut absorbirt, während derjenige Theil derselben, welcher etwa zurückgeworfen wird, auf denselben Wegen, auf welchen er ins Auge gelangte, auch wieder nach dem leuchtenden Objectpunkte zurück, hinaustritt.

Fig. 147. *)



Endlich haben wir noch eines besonderen Vermögens des Auges, des sog. Accommodationsvermögens zu gedenken. Man versteht darunter die Fähigkeit des Auges, sich verschieden weit entfernten Gegenständen der Art zu accommodiren, daß die Gegenstände dennoch immer deutlich gesehen werden, d. h. der Vereinigungspunkt der einzelnen, von einem Punkte derselben ausgehenden Strahlen in die Netzhaut fällt. Es wird einem Jeden bekannt sein daß je nach der Entfernung eines Gegenstandes von der Linse einer camera obscura, die das Bild desselben aufnehmende Glastafel der Linse bald näher, bald ferner gerückt werden muß; näher, bei weiterer Entfernung des Gegenstandes, ferner, bei größerer Nähe desselben. Es ist dies deshalb erforderlich, weil die Strahlen eines ferner liegenden Punktes früher hinter der Linse zusammentreffen, als die eines näher liegenden Punktes, das deutliche Bild aber immer nur da gebildet wird, wo sich die Strahlen eben vereinigen. Es mußte also auch im Auge, um dasselbe für alle Entfernungen zur Bildung deutlicher Bilder zu befähigen, beim Blick auf verschieden weit entfernte Gegenstände eine Verschiebung entweder der percipirenden Netzhautfläche oder der Linse selbst eintreten, falls der Brennpunkt der Lichtstrahlen immer in die Netzhaut fallen, d. h. ein deutliches Bild entstehen sollte. Allein die Natur hat dennoch keins von diesen Hülfsmitteln gewählt. Nach den schönen neuern Untersuchungen von **Cramer** und

*) Farbstoff (Pigment-) Zellen von der innern Fläche der Gefäßhaut, eine einfache Lage schöner, fast regelmäßig sechsseitiger, 0,006—0,008 ''' breiter, und 0,004 ''' dicker Zellen mit hellen Kernen bildend. a Von der Fläche. b Von der Seite. (Nach **Kölliker**. Mikroskop. Anatomie. Bd. II. S. 632.)

Helmholtz hat sie vielmehr in der Weise die Accommodation des Auges für alle Entfernungen ermöglicht, daß sich bei der Richtung des Blickes auf näher liegende Gegenstände die vordere Wand der Linsenkapsel hervordrängt, nach vorn wölbt, wodurch eine stärkere Brechung der Lichtstrahlen und der Einfall des Brennpunktes derselben in die Netzhaut bedingt wird. Was diese Formveränderung der vorderen Linsenkapsel bedingt, ist bis dahin noch nicht entschieden; doch dürfte es nicht unwahrscheinlich sein, daß die Wölbung durch einen Druck des sog Ciliarkörpers und seiner Fortsätze auf den Rand der Kapsel der Linse, der Zurücktritt dieser Wölbung aber durch die Elasticität der Linsenkapselhaut bedingt wird.

Es war bis dahin immer nur von einem Auge die Rede. Sehen wir aber nicht dennoch mit zwei Augen, und erzeugt der beide Augen treffende Eindruck nicht nur eine Wahrnehmung? Wir können uns diese Erscheinung nur in der Weise erklären, daß bestimmten Punkten der Netzhaut des einen Auges ganz bestimmte Punkte der Netzhaut des andern Auges entsprechen, daß ferner die gleichzeitige Erregung dieser beiden „identischen" Punkte durch einen Lichtstrahl jedesmal auch die Erregung bestimmter Nervenfasern bedingt, und diese beiden Fasern einem und demselben, das Bewußtwerden der Lichtempfindung vermittelndem Centralpunkte im Gehirn angehören. Der Zweck der doppelten Bildpunkte scheint aber einmal eine größere Schärfe der Gesichtswahrnehmung zu sein, während andrerseits das Sehen mit beiden Augen das Urtheil über die Entfernung der Objecte unterstützt. Um nämlich einen Punkt scharf zu sehen, richten wir unwillkürlich die Augen so, daß sich die Augenachsen in dem fixirten Punkte schneiden, näher oder ferner von diesem Punkte gelegene Gegenstände erscheinen undeutlicher, in gewissen Stellungen selbst doppelt, und die Beurtheilung der Ferne des fixirten Punktes wird damit nicht unwesentlich erleichtert. —

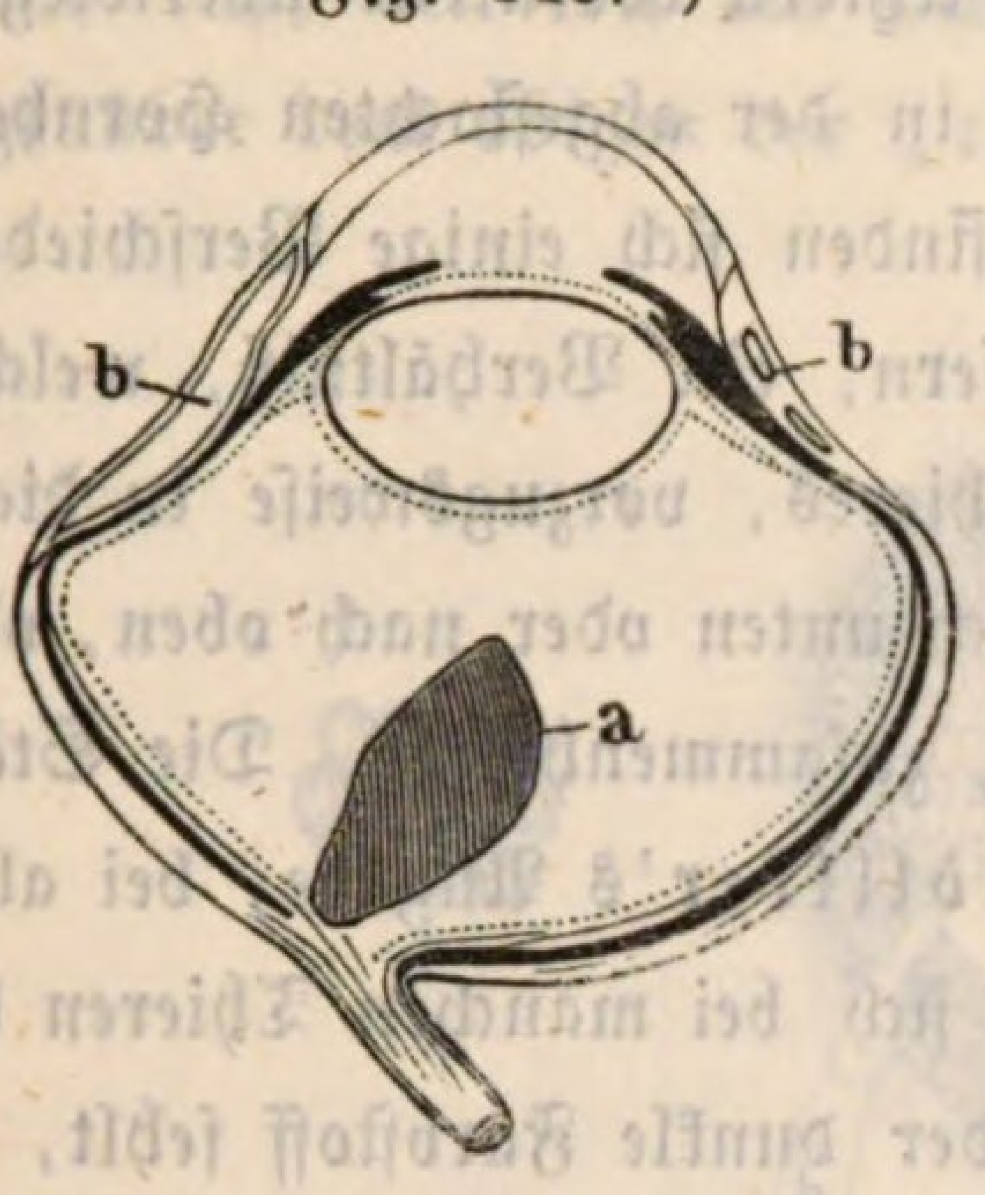
So viel vom Auge des Menschen, das vorzugsweise durch die combinirte oder theilweise Thätigkeit seiner Muskeln, durch deren größere oder geringere Spannung, durch einen reichlichern oder sparsamern Zufluß der Thränenfeuchtigkeit, jenen mannigfachen Wechsel von Bildern seelischer und körperlicher Zustände darbietet, den wir täglich zum

Gegenstand unseres Urtheils machen, und der uns in wahren Zügen dort die kraftvolle Energie, dort die geistige und körperliche Schwäche, dort die Freude, dort die Bekümmerniß des Gemüthes verräth. Ganz nach dem Typus dieses Auges sind nun im Wesentlichen auch die Augen sämmtlicher Wirbelthiere gebildet, wenn auch die einzelnen Theile desselben je nach Aufenthalt und Lebensart des Thieres, je nach der Nothwendigkeit schärferer oder geringerer Gesichtswahrnehmung, mannigfache Modificationen darbieten. Um in Kürze nur einiger derselben zu gedenken, so kommen von den das Auge umgebenden Theilen die beiden Augenlider des Menschen bei Säugethieren und Vögeln allgemein vor, eben so bei einem Theile der Reptilien. Bei andern Reptilien, namentlich den Schlangen, sind sie aber mit einander verwachsen und bilden als durchsichtige Haut die vordere Wand eines mit Thränenflüssigkeit erfüllten, vor der Hornhaut gelegenen Hohlraumes. Den meisten Fischen fehlen die Augenlider. Bei vielen Säugethieren, allen Vögeln, manchen Reptilien und wenigen Fischen (Haien) findet sich aber noch ein drittes Augenlid, die sog. Nickhaut, welche sich vom innern Augenwinkel her über den Augapfel schiebt, und in der That durch einen in ihm gelegenen Knorpel mehr vorgeschoben, als vorgezogen wird. Die Thränendrüsen finden sich fast allgemein bei denjenigen Wirbelthieren, welche nicht im Wasser leben. Auch die Augenmuskeln sind bei allen Wirbelthieren fast dieselben; wo sich aber eine nach hinten weniger, als beim Menschen, geschlossene knöcherne Augenhöhle findet, ist das Auge auch in der Richtung von vorn nach hinten beweglich, und besitzt zum Zwecke dieser Bewegung einen besondern zurückziehenden Muskel.

Die Form des Augapfels selbst variirt bei den verschiedenen Wirbelthieren nicht unbedeutend. Das Auge der Fische ist mehr abgeflacht, als das der Säugethiere, und, wie bei ihnen, so ist bei allen Wasserbewohnern insonderheit die Hornhaut flacher, als bei Luftbewohnern. Es bedurfte hier keiner so starken Krümmung derselben, da der Lichtstrahl schon durch Wasser, welches er durchdringt und bevor er zum Auge gelangt, gebrochen wird. Eine noch größere Verschiedenheit bietet das Vogelauge dar. Nur noch die hintere Hälfte desselben hat die Kugelform beibehalten, die vordere besitzt dagegen die eines Kegels

mit abgerundeter Spitze (Fig. 148). Bergmann bezeichnet diese Einrichtung sinnreich als eine Sparsamkeitsbestrebung der Natur, da den Vögeln eine möglichst große Netzhautfläche zur Erzeugung großer und scharfer Bilder erforderlich war, eine dem entsprechende Kugelform des ganzen Auges aber einen zu großen Raum in Anspruch genommen haben würde. Die Farbe der allgemein vorkommenden Iris wechselt sehr. Bei den höhern Wirbelthieren erscheint sie, wie beim Menschen, grau, blau oder braun in Folge der an ihrer hintern Fläche gelegenen größern oder geringern Anzahl Farbstoff haltiger Zellen. Bei niedern Wirbelthieren kommen dagegen auch an der vordern Fläche Farbstoffe, und oft die prachtvollsten silber- und goldglänzenden, vor. Die mit quergestreiften Muskelfasern (s. u.) versehene Iris der Vögel zeichnet sich durch die Lebhaftigkeit und Raschheit ihrer Bewegungen aus, ein Verhältniß, welches nicht wenig dazu beiträgt, dem raschen Wechsel der Gesichtswahrnehmungen dieser Thiere die erforderliche Schärfe zu verbinden. „Man darf nur," sagt Bergmann, „an die Bewegungen einer Schwalbe denken, oder an kleinere Raubvögel, welche ihre Beute durch dichtes Gebüsch und Zweiggewirr im raschen Fluge verfolgen, so ist es klar, was dabei die Augen leisten müssen; in demselben Augenblick, in welchem ein Hinderniß vermieden wird, müssen auch schon wieder entferntere Objecte auf das Schärfste aufgefaßt werden u. s. w." — Die Oeffnung der Iris, die Pupille, hat bei verschiedenen Thieren eine verschiedene Gestalt; so ist sie rund beim Affen, beim Hunde u. s. w., längs-oval bei der Katze, quer-oval beim Schaaf u. s. w. Die Linse ist bei den Fischen

Fig. 148. *)



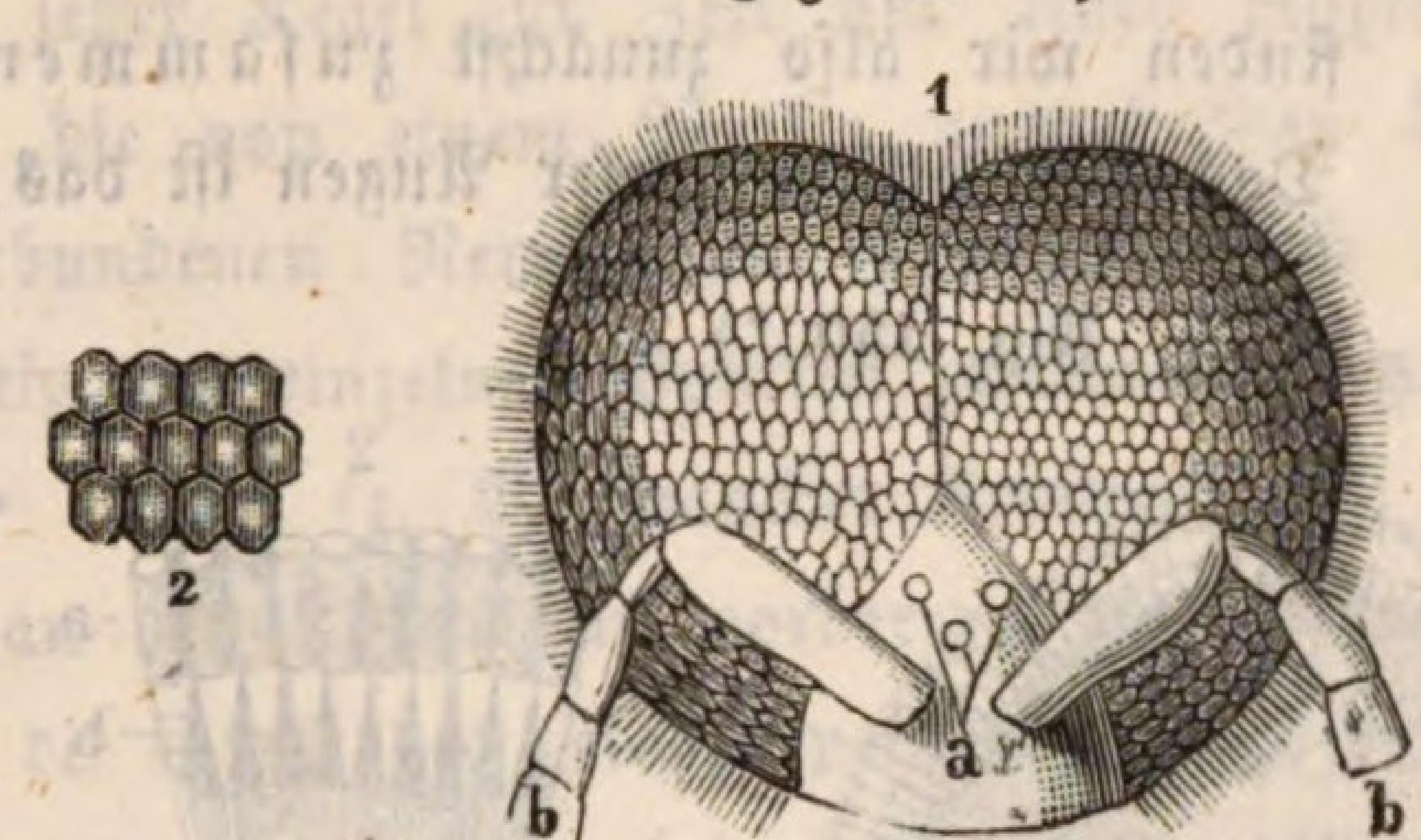
*) Auge des Königsadlers. a Fächer. b Durchschnittene Knochenschuppen der Sklerotica. Die übrigen Theile wie in Fig. 142. — (Nach Sömmering: de oculorum hominis animaliumque sectione horizontali. 1818.

kugelförmig, und härter, als bei den Landthieren; ihr Strahlenbrechungsvermögen muß demnach das der letztern bedeutend überwiegen, was mit der geringen Strahlenbrechung in der abgeflachten Hornhaut im Einklang steht. In der Netzhaut finden sich einige Verschiedenheiten in der Vertheilung der Nervenfasern, ein Verhältniß, welches wahrscheinlich mit dem Bedürfnisse des Thieres, vorzugsweise in dieser oder jener Richtung, also gerade aus, nach unten oder nach oben, oder nach allen Richtungen hin scharf zu sehen, zusammenhängt. Die Stäbchen und Zapfen finden sich aber, nach Kölliker's Angabe, bei allen Wirbelthieren. Die Aderhaut zeichnet sich bei manchen Thieren dadurch aus, daß ihr an gewissen Stellen der dunkle Farbstoff fehlt, an seiner Stelle sich aber ein Lager farbloser oder mit verschiedenartigen, zum Theil sehr glänzenden Farbstoffen erfüllter Zellen, die sog. Tapete, befindet. Dieses Zellenlager ist die Ursache des Leuchtens mancher Thieraugen, und sein Nutzen besteht wohl sonder Frage darin, einen Theil der Lichtstrahlen in der Art zu reflektiren, daß sie auch als reflektirte auf Stäbchen oder Zapfen treffen, so daß dieselben zweimal, von dem einfallenden sowohl, als reflektirten Lichtstrahl getroffen werden. Die Schärfe der Wahrnehmung wird dadurch, auch bei sehr wenigen in das Auge eindringenden Lichtstrahlen, bedeutend erhöht; die reflektirten, aus der Pupille wieder hervordringenden Strahlen bedingen es aber eben, daß wir den Hintergrund der Augen dieser Thiere leuchten sehen. Bei den Vögeln erhebt sich vom Grunde des Auges von der Gefäßhaut aus noch ein hautartiges, dunkel gefärbtes Gebilde in den Glaskörper hinein, der sog. Fächer, ein Organ, das wohl die Aufgabe hat, gegen zu vieles Licht Schutz zu verleihen. — Die weiße Haut (Sklerotica) hat bei vielen Thieren, z. B. den Walfischen, eine sehr beträchtliche Dicke, bei manchen enthält sie selbst Knorpel oder Knochen, wodurch, beim Mangel einer vollständigen knöchernen Augenhöhle für die Erhaltung der Form des Auges Sorge getragen ist.

Bei den wirbellosen Thieren findet sich zum Theil noch derselbe Typus im Bau des Auges, wie bei den Wirbelthieren; doch treten hier fast durchgehends Verschiedenheiten in Zahl und Lage, wie in der Ausbildung der einzelnen Theile des Sehorganes auf, bis wir endlich auch auf Thierformen stoßen, denen der Gesichtssinn zu mangeln scheint.

Zum Theil bieten die Wirbellosen aber auch einen ganz neuen Bautypus dar, den wir als den der „zusammengesetzten Augen“ gegenüber dem obigen der „einfachen“ bezeichnen (Fig. 149). Wo

Fig. 149. *)



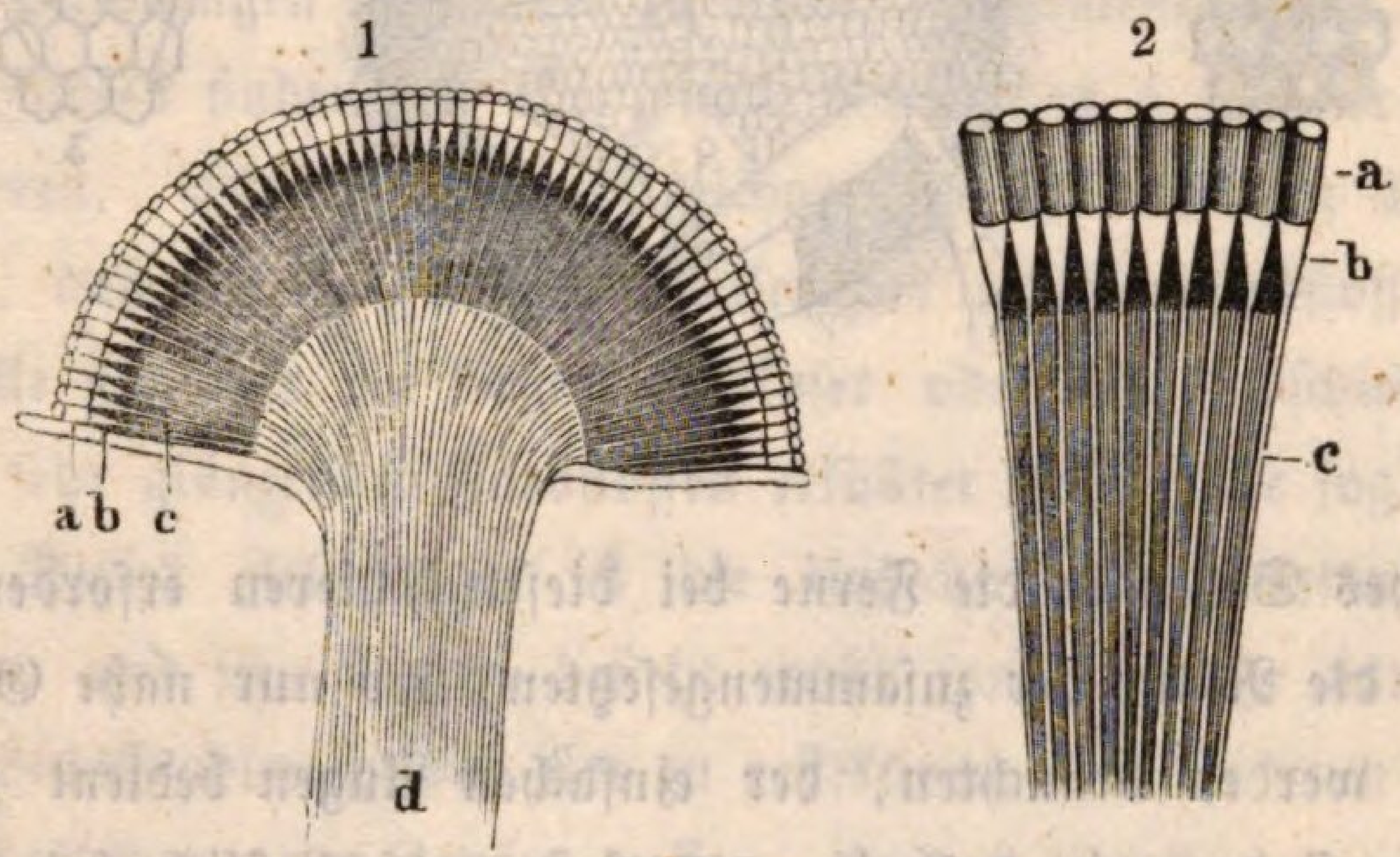
ein deutliches Sehen in die Ferne bei diesen Thieren erforderlich war, scheint sich die Natur der zusammengesetzten, wo nur nahe Gegenstände gesehen zu werden brauchten, der einfachen Augen bedient zu haben. Die ersteren finden wir deshalb auch fast ausschließlich bei den beflügelten Insekten und den rasch schwimmenden Krebsen, die letzteren aber, und oft nur in ganz rudimentärer Form, bei den übrigen Wirbellosen, so fern sie überhaupt mit Augen versehen sind. Wie überall, so sind übrigens auch hier die Organe den Bedürfnissen des Thieres angepaßt, und keineswegs würde es richtig sein, von dem höhern oder geringern Grade der Ausbildung der Thierform auf eine gleiche höhere und geringere Ausbildung des Gesichtssinnes zu schließen; giebt es doch Gliederthiere, wie manche Milben, schmarotzende Krebse u. s. w., die der Augen ganz entbehren, während sie sich bei den zu den Weichthieren gehörigen Kopffüßlern in einer fast den Wirbelthieren gleichen Vollkommenheit vorfinden! Bedurfte ein Thier eines schwächern oder stärkern Gesichtssinnes, so wurde es mit unvollkommnern oder vollkommnern Gesichtswerkzeugen versehen; bedurfte es desselben nicht, so wurde es

*) Kopf der Biene mit zusammengesetzten und a einfachen Augen. b Antennen. — 2 Einige isolirte Facetten. 3 Desgleichen mit Haaren an den Rändern. (Copie aus Carpenter's principles of physiology.)

auch mit keinem Sehorgan ausgestattet. Das Gesetz der Sparsamkeit in der Ausstattung der einzelnen Schöpfungen tritt uns auch hier in frappanter Weise entgegen.

Unter den Gliederthieren, und zwar bei den meisten Insekten und vielen Krustenthieren, finden wir also zunächst zusammengesetzte Augen (Fig. 150). Das Wesentliche dieser Augen ist das, daß die

Fig. 150. *)



einzelnen Fasern des Sehnerven, jede für sich, einem durchsichtigen vier- oder sechseckigen, pyramidalen oder kegelförmigen Körper verbunden sind, und diese „Glaskegel" nun, von denen jeder durch eine dunkle Farbstofflage von dem andern getrennt ist, mit ihren Spitzen nach hinten gerichtet, das eigentliche innere Auge zusammensetzen. Es fehlt diesen Augen durchaus eine äußere Hülle, eine Sklerotica; sie sind unmittelbar in die Körpersubstanz eingebettet. Nur an der vordern Fläche sind sie von der durchsichtigen, äußern Körperhaut überzogen, welche hier also die Stelle einer Hornhaut vertritt, und meistens den hinter ihr stehenden vier- oder sechseckigen Glaskörpern entsprechend, in kleine prismatische Körper, die sog. Facetten, abgetheilt ist, so daß die äußere Oberfläche des Auges ein facettirtes Ansehen erhält. Die Zahl der Glaskegel beläuft sich bei einzelnen Insekten auf 12—20,000, bei andern auf

*) Horizontaler Durchschnitt durch das Auge des Maikäfers. 2 in starker Vergrößerung. a Hornhautfacetten. b Glaskegel von Farbstoff umgeben. c Fasern des Sehnerven. d Stamm des Sehnerven. (Aus Carpenter's Principles of physiology.)

weniger, wie z. B. bei der Ameise nur auf 50. Die Schärfe der Gesichtswahrnehmung scheint von dieser größern oder geringern Zahl abzuhängen. Fragen wir aber nach der Art dieser Lichtperception dieser Augen, so müssen wir aus verschiedenen Gründen annehmen, daß ein jeder Kegel zur Zeit nur einen einzelnen Lichtstrahl, oder vielmehr die von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahlen, zu der ihm verbundenen Nervenfaser hinleitet, sich das innere Bild also mosaikartig aus einzelnen Punkten zusammengesetzt; wahrscheinlich, und für viele Augen (z. B. mancher Krustenthiere) gewiß, ist es ferner, daß sich an den Kegeln ein vorderer, die Stelle einer Linse, und ein hinterer, die Stelle des Glaskörpers vertretender Abschnitt unterscheiden läßt. Damit wird aber, bei größerer Anzahl von Kegeln und hinreichendem Umfange des Auges, ein sehr vollkommenes Sehen, und eine ähnliche Feinheit der Gesichtsperception ermöglicht, wie bei den Wirbelthieren, deren beweglicher Sehapparat hier wegen der Kleinheit des Raumes nicht anzubringen war, falls er an Vollkommenheit nichts einbüßen sollte.

Andere Insekten, wie die Spinnen und Tausendfüßler, manche Krebse ferner, und nicht anders viele Würmer, sind den eben genannten gegenüber mit einfachen Augen ausgerüstet. Auch diese Augen sind überall fest in die Körpersubstanz eingebettet. Was ihnen damit aber an Beweglichkeit und Weite des Gesichtsfeldes verloren geht, ist durch eine größere Anzahl von Augen (bis zu 50 und 60) ersetzt. In den meisten dieser Augen findet sich eine Linse, ein Glaskörper, eine Netzhaut und eine dunkel gefärbte Aderhaut; die Stelle der Hornhaut ist aber nur durch die durchsichtige Körperhaut vertreten. Die Lage der Augen entspricht dabei dem Bedürfniß der einzelnen Thiere, vorzugsweise nach dieser oder jener Richtung zu sehen; Thiere aber, die wie die Eingeweide- und andere Würmer stets im Dunkel zu leben bestimmt sind, entbehren ganz der Augen. Einige Insekten sind auch mit beiden Arten von Augen, mit zusammengesetzten sowohl, als einfachen versehen, in welchem Falle die letztern dann zwischen den erstern liegen (s. Fig. 149). Es scheint, daß mit dieser Einrichtung die Möglichkeit des scharfen Sehens in nächster Nähe und auch für weitere Fernen herbeigeführt werden sollte.

Unter den Weichthieren zeichnen sich die Kopffüßler, also z. B. die Tintenfische, durch die Größe der Augen aus. Die Zahl derselben ist zwei. Aber auch hier findet sich keine Hornhaut; die Linse liegt vielmehr sogleich hinter der durchsichtigen äußern Körperhaut, nur durch eine wässrige Feuchtigkeit, die wahrscheinlich nichts anderes als von außen eingedrungenes Wasser ist, von ihr getrennt. Auch die Schnecken zeichnen sich durch die Zweizahl der Augen aus; es werden dieselben aber hier von einer vollständig geschlossenen, nur vorn durchsichtigen Haut (Sklerotica mit Hornhaut) gebildet, während sie im Innern meistens, wie die Augen der Würmer, Linse, Glaskörper, Netzhaut und Gefäßhaut enthalten. Die Zahl der augenlosen Schnecken ist klein; größer schon die der augenlosen kopflosen Weichthiere. Wo sich hier Augen finden, liegen dieselben meistens am Rande des Mantels, oder im ganzen Umfange des Mantels, oder mehr am hintern Ende, oder im Umkreis der Kiemen- und Kloaköffnung derselben.

Bei den noch übrigen Thieren, den Stachelhäutern, Quallen, Polypen und Infusorien fehlt wahrscheinlich meistens der Gesichtssinn; doch nimmt man hie und da, z. B. bei den Seesternen am Ende der Strahlen, regelmäßige dunkle Punkte wahr, die man für sog. Augenpunkte oder Sehorgane halten darf.

Den Bau des Auges wir haben damit durch die Thierreihe hindurch verfolgt. Wenden wir unsre Aufmerksamkeit jetzt dem zweiten Sinnesapparate, der die Communication der Außenwelt mit den Endigungen der sensibeln Nerven vermittelt, dem Gehörorgan zu. Nicht minder kunstvoll, wie der des Auges, ist sein innerer Bau; nicht anders, als beim Auge, haben uns auch hier erst die mikroscopischen Forschungen der neuesten Zeit Aufschluß gegeben über die wichtige Frage nach der Art der Endigung der Nervenfasern. Versuchen wir es, auch von seinen freilich schwierig darzustellenden Bauverhältnissen ein kurzes, allgemeines Bild zu entwerfen.

Sehen wir ab von den, wie beim Menschen, so auch bei den meisten Säugethieren, nicht aber bei andern Wirbelthieren vorkommenden, zum Auffangen der Schallwellen bestimmten Ohrmuscheln, dem äußern Theile des Gehörorgans, so besteht dasselbe in seiner vollkommensten Form aus zwei Hauptabschnitten, dem Schallleitungsapparate und dem

Schallaufnahmsapparate (Fig. 151). Der erstere ist durch das Trommelfell wieder in zwei Abschnitte abgetheilt, in den vorderen sog. äußern Gehörgang und die dahinter gelegene Paukenhöhle; den letzteren nennt man das Labyrinth, welches seinerseits durch zwei kleine Oeffnungen, das sog. runde und das ovale Fenster, die aber beide durch Häute verschlossen sind, gegen die Paukenhöhle abgegränzt ist. Von diesen Abschnitten, die bis auf den äußersten Theil des äußern Gehörganges in dem sog. Felsentheil des Schläfenbeins gleichsam ausgemeißelt sind, bildet der letztere (der äußere Gehörgang) eine einfache, innen von einer Fortsetzung der äußern Körperhaut überzogene, gegen das Trommelfell zu etwas erweiterte Röhre. In dem zweiten Abschnitt, der Paukenhöhle, befinden sich drei, unter sich verbundene sg. Gehörknöchelchen von der Gestalt eines Hammers, eines Ambosses und eines Steigbügels (Fig. 152), die einen Schallleitungsapparat zwischen Trommelfell und dem ovalen Fenster des Labyrinthes zu bilden bestimmt

Fig. 151.*)

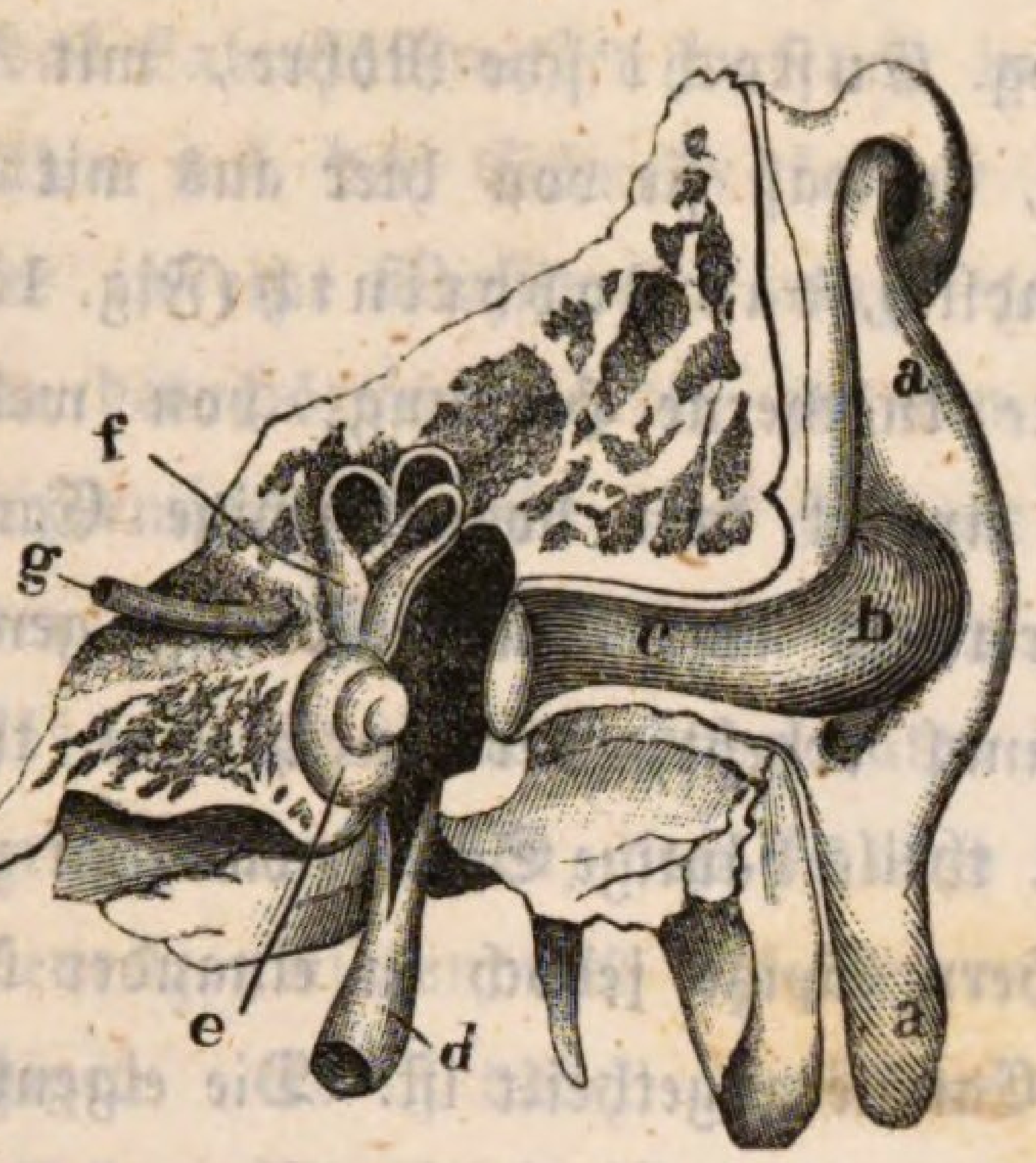


Fig. 152.**)

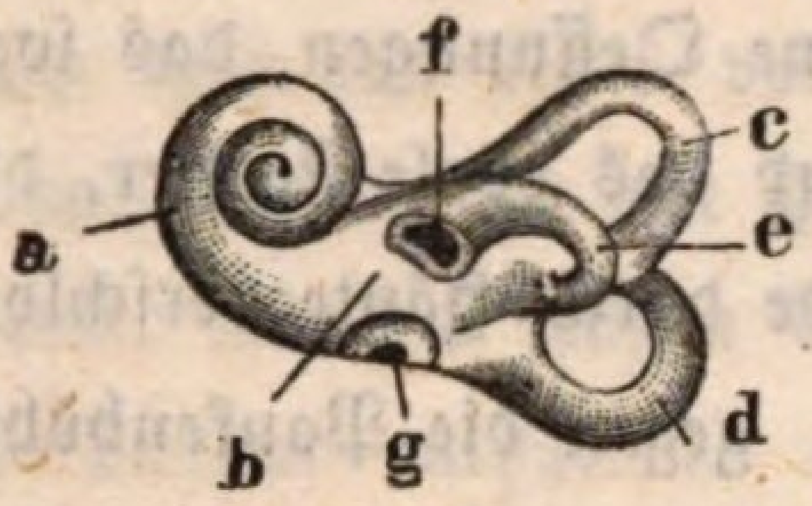


*) Senkrechter Schnitt durch das menschliche Gehörorgan. a a äußeres Ohr. b Beginn des äußeren Gehörganges. c d Eustachi'sche Röhre, die in die dunkel schattirte Paukenhöhle führt. Die schwarzen Punkte in derselben bezeichnen die Lage des ovalen und runden Fensters. e Schnecke. f die drei bogenförmigen Canäle. g Der Gehörnerv.

**) Die Paukenhöhle mit den Gehörknöchelchen in ihrer natürlichen Lage (von innen nach außen gesehen) und deren Muskeln. a Steigbügel. b Ambos. c Hammer, dessen einer Fortsatz an dem Trommelfell befestigt ist. d Muskel des Hammers. e Muskel des Steigbügels.

sind, und zwar ist der Hammer dem Trommelfell, der Steigbügel der Haut des ovalen Fensters verbunden. Außerdem steht aber diese Höhle durch einen längeren Canal, die sog. Eustachi'sche Röhre, mit dem Schlundkopf in offener Verbindung, so daß sie von hier aus mit Luft erfüllt wird. Der dritte Abschnitt endlich, das Labyrinth (Fig. 153), bildet eine knöcherne Höhlung, von welcher aus sich einmal drei bogenförmige Canäle, und andrerseits ein schneckenförmig gewundener Canal erhebt, der durch eine theils knöcherne, theils häutige Scheidewand in zwei, an der obern Spitze jedoch in einander übergehende, Canäle abgetheilt ist. Die eigentliche Höhlung dieses Abschnittes nennt man das Vestibulum oder den Vorhof, und den drei bogenförmigen Canälen gegenüber den schneckenartig gewundenen: die Schnecke. Vestibulum und bogenförmige Canäle, welche letztere da, wo sie vom Vestibulum abtreten, flaschenförmig erweitert sind, sind nun aber mit einer wässrigen, klaren Flüssigkeit erfüllt, und in diesem Wasser schwimmen häutige, der knöchernen Umgebung conforme Säckchen, von denen aus sich in die bogenförmigen Canäle auch bogenförmige häutige Canäle fortsetzen, und diese Säckchen sind es eben, an denen sich die Endigungen des Hörnerven verbreiten, während dieselben in der Schnecke an der die Trennung des Canals in einen doppelten bedingenden, zum Theil häutigen Scheidewand, vielleicht auch frei in das die Schnecke erfüllende Wasser ausstrahlen. Das oben erwähnte ovale Fenster vermittelt dabei die Communication zwischen Vestibulum und Paukenhöhle, das runde verschlossene Fenster dagegen gränzt den zu oberst gelegenen der beiden Schneckenkanäle gegen die Paukenhöhle hin ab, so daß man von der letztern aus, wenn man die Haut des runden Fensters durchbräche, in jenen obern Schneckenkanal gelangen würde. Treffen nun Schallwellen durch den äußern Gehörgang auf das Trommelfell, so werden sie durch die in

Fig. 153.*)



*) Das Labyrinth des menschlichen Ohres. a Schnecke. b Vorhof. c Oberer Bogengang. d Hinterer Bogengang. e Aeußerer Bogengang. f Ovales Fenster. g Rundes Fenster.

dem Luftraume der Paukenhöhle ausgespannte Kette der Gehörknöchelchen fortgeleitet, pflanzen sich durch die Haut des ovalen Fensters auf das Labyrinthwasser fort und in dem Labyrinth, den bogenförmigen Canälen und der Schnecke kommt der Schall, durch das Labyrinthwasser in eine Wasserwelle umgesetzt, zu den Endigungen der Nervenfasern des Hörnerven, die an den Säckchen des Labyrinthes und den bogenförmigen Canälen aus fein verästelten Fasern zu bestehen scheinen, in der Schnecke jedoch mit jenen eigenthümlichen von Corti und Kölliker entdeckten Endapparaten in Verbindung stehen, von denen wir annehmen müssen, daß sie auch die leichtesten Schallwellen zu einem Nervenreiz umsetzen und die Nervenfaser selbst zur Perception derselben befähigen. Es ist dabei zu bemerken, daß die Gehörknöchelchen mit sehr kleinen Muskeln, die in der knöchernen Wand des innern Gehörorgans selbst ihren Ursprung nehmen, in Verbindung stehen, daß durch die Zusammenziehung derselben einmal das Trommelfell stärker gespannt, andrerseits der Steigbügel fester gegen das ovale Fenster gedrückt werden kann, und dadurch wahrscheinlich einmal eine Verminderung der Schwingungen dort des Trommelfells, hier der Haut des ovalen Fensters bedingt, eine zu starke Schallleitung vermieden, andrerseits die Resonanz beim Hören von Tönen verschiedener Höhe regulirt wird (J. Müller). Es sind diese Muskelfasern für das Ohr in der That dasselbe, was die der Iris für das Auge; sie sorgen für die Abhaltung zu starker Eindrücke auf die Nervenfasern. — Es ist ferner zu bemerken, daß sich an der Stelle der Nervenausbreitung in den Säckchen des Vorhofes ein mit bloßem Auge sichtbarer, weißer Fleck befindet, der sog. Gehörsand oder die Gehörsteinchen, welche aus unzähligen, kleinsten, doppelt zugespitzten, aus kohlensaurem Kalk (Kreide) bestehenden Körperchen bestehen. Wie über die physiologische Bedeutung vieler Einrichtungen des Gehörapparates, so ist man aber auch über die Bedeutung dieser Gehörsteine noch ganz im Dunkel, wiewohl sie doch sicher eine ganz bestimmte Beziehung zu der Wahrnehmung des Schalls oder Tons, zu der Erregung der Nervenendigungen haben. Die Bedeutung des runden, durch eine Haut verschlossenen Fensters reducirt sich nach unserer obigen Darstellung der Schallleitung wahrscheinlich darauf, dem von dem Druck des Steigbügels auf die Haut des ovalen

Fensters zurückgetriebenen Labyrinthwasser ein geringes Ausweichen durch die Schnecke hindurch zu gestatten, so daß also bei jedem solchen Drucke die Haut des runden Fensters gegen die Paukenhöhle zu vorgetrieben wird, sie selbst aber das Austreten des Wassers aus dem Labyrinth selbstverständlich hindert.

Die Nervenendigungen in der Schnecke betreffend, so hat Kölliker in seiner trefflichen Gratulationsschrift zu H. Tiedemann's Jubiläum (Würzburg 1854) dieselben so dargestellt, daß eine Nerven-

[Fig. 117 aus Vortrag 10.]



faser des Gehörnerven zunächst, ganz ähnlich wie im Auge die Sehnervenfaser, in eine bipolare Ganglienzelle ausläuft, von dieser aus aber ein Faden entspringt, der einmal ein freies Endstäbchen besitzt, andrerseits mit endständigen unipolaren Zellen verbunden ist, Gebilde, die also hier das Analogon der Stäbchen und Zapfen oder Körner an den Endapparaten des Sehnerven bilden würden. Solcher Apparate befinden sich in der kleinen Schnecke des Menschen nach Kölliker's Angabe circa 5000, und mit Recht wohl wird von demselben Forscher die Vermuthung aufgestellt, daß sie eben „die Schnecke zu dem am feinsten organisirten Theile des Labyrinthes machen, dem wahrscheinlich das scharfe Unterscheidungsvermögen für die Höhe, den Klang und die Stärke der Töne, dann die Fähigkeit leise Töne zu hören und mehre Töne auf einmal zu percipiren, zugeschrieben werden darf.“ —

Ganz ähnlich, wie beim Menschen, verhält sich nun das Gehörorgan der Säugethiere. Nur bei den im Wasser lebenden oder den in der Erde wühlenden (Walfischen, Maulwürfen) ist das äußere Ohr sowohl, wie der äußere Gehörgang verkümmert, da ihnen der Schall meistens durch feste Medien oder Wasser zugeleitet wird und Erschütterungen des Körpers erzeugt, die von dem Gehörnerven als Schall percipirt werden. Bei den Vögeln findet sich statt dreier Gehörknöchelchen nur eins, das sog. Säulchen (columella), welches das

ovale Fenster mit dem Trommelfell verbindet, und in gleicher Weise ist der Bau der Schnecke vereinfacht, so daß dieselbe nur eine kugelförmige, durch eine Haut aber auch hier wieder in zwei Abtheilungen geschiedene Höhle bildet. Unter den Amphibien nähern sich die beschuppten und namentlich die Krokodile dem Typus der Vögel, wiewohl bei einigen, z. B. den Schlangen die Trommelhöhle schon fehlt; die unbeschuppten dagegen bieten einen viel einfacheren Bau des Gehörorgans dar. Es ermangeln diese sämmtlich der Schnecke, viele besitzen auch gar keine Paukenhöhle, so daß die Haut des ovalen Fensters unmittelbar von Muskeln und Haut überzogen wird. Aehnlich, wie hier, verhält es sich bei den Fischen. Schallzuleitende Apparate fehlen ihnen gänzlich, eben so die Schnecke; es bleibt also nur noch ein Vestibulum mit Gehörsteinchen und bogenförmigen Canälen, deren Zahl meistens drei, bei einigen aber auch bis auf einen reducirt ist, übrig. Diese Höhlungen liegen entweder in den Schädelknochen eingebettet, oder ihre häutigen Auskleidungen ragen auch aus Oeffnungen derselben hervor, so daß sie dann nur von Muskeln und Haut überzogen sind. Sehr merkwürdig ist die bei einigen Knochenfischen vorkommende Verbindung des Gehörorganes mit der unter dem Rückgrat liegenden sog. Schwimmblase, die mit dem Vestibulum entweder fast unmittelbar oder durch eine Kette von Knöchelchen zusammenhängt. Der Zweck dieser Verbindung ist bis dahin nicht bekannt. Im Uebrigen ist es aus dem Bau der Gehörorgane der Fische sowohl, als nackten Amphibien leicht verständlich, daß die Gehörperception nur Folge einer Erschütterung des Körpers ist, die ihrerseits wieder durch Erschütterung der umgebenden Medien, also namentlich des Wassers, veranlaßt wird.

Ueber das Vorkommen eines besondern Gehörapparates bei den wirbellosen Thieren ist noch nicht überall entschieden. Man hat ihn unter den Insekten bis dahin nur bei den Geradflüglern (Orthopteren) und unter den Krustenthieren bei den Krebsen gefunden; in der Classe der Weichthiere ist er dagegen sehr verbreitet und vorzugsweise bei den Kopffüßlern ausgebildet; unter den Strahlthieren fehlt er, wie es scheint, bei den Stachelhäutern ist er aber bei den Quallen wieder nachgewiesen. Ueberall nun aber, wo hier ein besonderer Gehörapparat existirt, besteht derselbe nur aus einem häutigen mit Wasser und

Gehörsteinchen erfüllten Sack (Fig. 154), an dem sich dann der Gehörnerv verbreitet. Höchst auffallend ist dabei oft die Lage desselben. So liegt er z. B. bei den Heuschrecken in den Schienen des ersten Fußpaares, und ist hier der Art gestaltet, daß sich auf jeder Seite der Schiene eine längliche Spalte findet, hinter dieser je ein Trommelfell liegt und dieses mit dem Gehörsäckchen in Verbindung steht. So liegt er ferner bei den meisten Schnecken unterhalb des Schlundes, bei den Muschelthieren im Fuße, bei den Rippenquallen am hintern Ende des Körpers, bei den Scheibenquallen in größerer Anzahl in der Peripherie der Körperscheibe. Es hängt diese Lage wohl hauptsächlich mit dem verschiedenen Ursprunge der Nerven zusammen; andrerseits macht sich aber auch hier das von Milne-Edwards so treffend entwickelte Princip der Sparsamkeit in den angewandten Mitteln bei Gestaltung des Thierreichs geltend. So lange bei den einzelnen Thierformen ein bereits vorhandenes Organ gleichzeitig einer andern, als der ihm vorzugsweise vorgeschriebenen Function dienen kann, oder Raum zur Anlage eines anderen Apparates darbietet, wird es benutzt, und erst dann wird zur Anlage neuer Körpertheile geschritten, wenn die bei den niedern Thieren bereits vorhandenen den nothwendigen Leistungen der höhern nicht mehr zu entsprechen vermögen. — Wiewohl nun aber bei einer großen Anzahl wirbelloser Thiere ein Gehörorgan bis dahin noch nicht aufgefunden ist, so darf man ihnen das Vermögen der Schallperception doch nicht absolut absprechen. Vielleicht, daß hier oder dort das fragliche Organ noch entdeckt wird, möglich aber auch, daß bei manchen Thieren ein besonderer Apparat zur Aufnahme der Schallwellen gänzlich fehlt, und doch ein einfach irgendwo an der Haut

Fig. 154. *)

1 2 3



*) Gehörorgane der Weichthiere. 1 Aufgeschlitztes, dem Gehörnerven anhängendes Gehörsäckchen eines Tintenfisches, ein Gehörsteinchen enthaltend. 2 Gehörkapsel mit zahlreichen Gehörsteinchen einer Wasserschnecke. 3 Gehörkapsel mit einem Gehörsteinchen eines Muschelthieres (Cyclas). (1 Nach Wagner's Icon. zoot. Taf. XXIX. 2 u. 3 nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 463.)

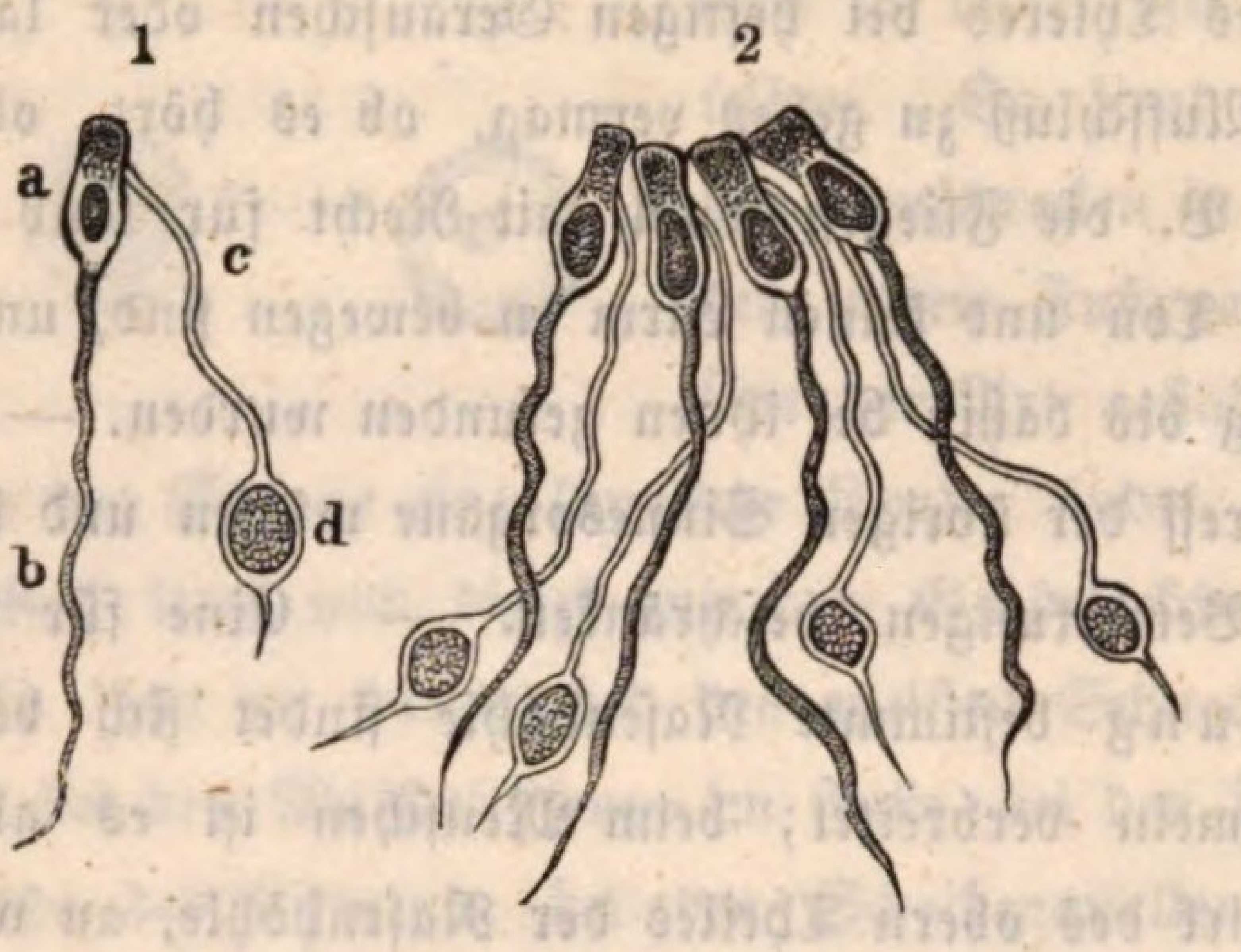
verzweigter Nerv die Schallperception vermittelt. Die Entscheidung darüber ist schwierig, wenn auch hie und da die Beobachtung über das Verhalten des Thieres bei heftigen Geräuschen oder lauten Tönen in seiner Nähe Aufschluß zu geben vermag, ob es hört, oder nicht; wie man denn z. B. die Fliegen wohl mit Recht für taub hält, weil sie durch keinen Ton und keinen Lärm zu bewegen sind, und Gehörorgane eben so wenig bis dahin bei ihnen gefunden wurden. —

In Betreff der übrigen Sinnesorgane müssen und können wir uns auf wenige Bemerkungen beschränken. — Eine für die Geruchswahrnehmung bestimmte Nasenhöhle findet sich bei den Wirbelthieren allgemein verbreitet; beim Menschen ist es aber nur ein bestimmter Bezirk des obern Theiles der Nasenhöhle, an welchem Gerüche zur Wahrnehmung gelangen, und, auffallend genug, während die übrige die Athmungsorgane auskleidende Schleimhaut mit ständig hin und her schwingenden Wimpern, sog. Flimmerzellen, bekleidet ist, finden sich eben in jenem Bezirk nur festzusammengelagerte cylindrische und rundliche Zellen als oberste Hautlage vor, Zellen, die durch Berührung mit Wasser sehr leicht zerstört werden, durch Berührung oder Aufnahme der ihrer Qualität nach noch so gänzlich unbekannten Riechstoffe aber die Geruchsempfindung vermitteln. Es drängt sich bei Kenntniß dieser Einrichtung unwillkürlich der Gedanke auf, ob dieselbe nicht eben eine ganz besondere Beziehung zu der Geruchswahrnehmung, ob nicht diese sog. Epithelialzellen selbst eine besondere Bedeutung für dieselbe besitzen. Allein man sah sich bisher immer vergebens nach einem directen Zusammenhange derselben mit den Endigungen der Fasern des Riechnerven um, bis endlich Eckhard durch seine Untersuchungen an Fröschen einen solchen in ganz jüngster Zeit dennoch äußerst wahrscheinlich gemacht hat.*) Eckhard fand nämlich, daß sich die Epithelialzellen nach innen in einen Faden fortsetzen und entdeckte außerdem eigenthümliche Fäden oder Fasern, die sich den Epithelialzellen dicht anlegen (Fig. 155 a. f. S.), zwischen den erstgenannten Faden nach innen verlaufen, mit „Kernen“ (Ganglienzellen??) in Verbindung treten und

*) Vgl. Eckhard: Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Gießen 1855.

als Fäden weiter fortlaufen. Noch ist die weitere und unmittelbare

Fig. 155.*)



Fortsetzung dieser Fäden in die Endfasern des Geruchsnerven nicht aufgefunden, aber es scheint sehr wahrscheinlich, daß sie existirt, und wir hätten dann also auch im Geruchsorgane von ähnlichen Endapparaten der Nervenfasern zu sprechen, wie im Seh- und Gehörorgane. Die Epithelialzellen der Nasenschleimhaut selbst wären den Zapfen der Netzhaut, die freien, sich ihnen anschmiegenden Fäden den Stäbchen derselben zu vergleichen, und der Umsatz der Gerüche zu einem Nervenreiz wäre in eben der Weise ihre Function, wie der Umsatz der Licht- und Schallwellen zu einem solchen die Function der bezeichneten Endapparate des Seh- und Hörnerven. Wie aber dieser Umsatz selbst zu Stande kommt, ist uns hier vorläufig eben so unklar, als dort. Nur von der unendlichen Feinheit der Perception auch des Geruchsnerven bekommen wir einen Begriff, wenn wir durch Valentin's Berechnung erfahren, daß $1/_{2000000}$ Milligramm eines Weingeistextractes von Moschus, dem Geruchsorgane dargeboten, noch die Wahrnehmung des

*) Eckhard's vermuthliche Endigungen der Riechnervenfasern. a Eine mit einem Kern versehene, frei zu Tage liegende Epithelialzelle der Riechschleimhaut der Nase mit ihrem fadenförmigen Fortsatz b. — c Ein der Epithelialzelle angelagerter Faden, der nach innen zu einen „Kern“ d enthält. 2 Mehre derartige Apparate in ihrer Zusammenlagerung, nach innen aber auseinander gezerrt. (Nach Eckhard a. a. O. Taf. V. Fig. 4.)

bekannten Moschusgeruches veranlaßt. — Unter den wirbellosen Thieren hat man bis dahin nur bei einigen Organe aufgefunden, die die Bedeutung eines Geruchsorganes besitzen; doch ist damit keineswegs über die Verbreitung des Geruchssinnes unter ihnen schon entschieden. Es gilt hier dasselbe, was oben vom Gehörorgane bemerkt wurde; auch andre Nerven, als die besondern Geruchsapparaten angehörigen, können möglicherweise der Geruchswahrnehmung dienen. — Mit Bestimmtheit sind Geruchsorgane zuerst unter den Weichthieren, und zwar bei den Kopffüßlern aufgefunden. Sie liegen hier in der Gegend der Augen in Gestalt zweier mit einem Wärzchen versehener Grübchen, und die Wärzchen sind es, an denen sich der Riechnerv verbreitet. Mit großer Wahrscheinlichkeit sind sie ferner bei einigen Insekten und Krebsen entdeckt, wobei uns dann wieder ihre abnorme Lage auffällt. Bei den ersteren findet sich nämlich in den Antennen oder Fühlhörnern eine große Anzahl von Grübchen mit warzenförmigen Erhebungen im Grunde, die man nicht ohne Grund für Geruchsorgane hält, und bei den Krebsen besitzen die sog. Basalglieder des ersten Fühlerpaares eine von einer feinen nervenreichen Haut ausgekleidete Höhlung, die durch eine Oeffnung mit der Außenwelt in Communication steht und ebenfalls sehr wahrscheinlich die Geruchsempfindungen vermittelt.

Noch weniger, als über die Verbreitung des Geruchssinnes, der passend als „der Wächter der Respiration" bezeichnet wird, läßt sich über die des „Wächters der Verdauung," des Geschmackssinnes, in der Thierreihe sagen. Zwar sind auch die Infusionsthierchen schon wählerisch in der Auswahl ihrer Nahrungsmittel, allein eben so wenig, wie man den Pflanzen wegen ihrer verschiedenartigen Auswahl oder Anziehung von Nahrungsmitteln einen Geschmackssinn beizulegen geneigt sein wird, kann man von einem solchen bei den Infusionsthieren sprechen. Was man ferner bei den Schnecken, bei einigen Würmern und Gliederthieren als Zunge bezeichnet, ist wohl weniger Geschmacksorgan, als Hülfsmittel für die Zerkleinerung der Speisen, wofür die rauhe, härtliche, oft mit Zähnchen oder Stacheln versehene Oberfläche derselben spricht. — Nur wieder bei den Kopffüßlern findet sich ein fleischiges, im Unterkiefer gelegenes Organ, das wohl die Bezeichnung eines Geschmacksorganes verdient. Auch über das Vorhandensein der

Geschmackswahrnehmung bei den Wirbelthieren ist schwierig zu entscheiden, — wiewohl dieselben fast allgemein mit dem die Geschmacksempfindung vornämlich vermittelnden Zungenschlundkopfnerv versehen sind. Doch es ist in letzterer Beziehung zu erwägen, daß dieser Nerv zugleich auch andern Verrichtungen vorsteht, und hier oder dort möglicherweise nur diesen, nicht aber auch der Geschmackswahrnehmung dienen könnte. Bei den Fischen muß die Geschmackswahrnehmung auf die Gaumenfläche beschränkt sein, da ihnen die Zunge fehlt. Ebenso entbehren manche Amphibien (z. B. die zungenlosen Frösche) der letztern, während sie bei andern, wie bei Schlangen, vorzugsweise als Tastorgan verwandt zu werden scheint. Die meistens mit einem hornartigen Ueberzuge versehene Zunge der Vögel wird ebenfalls wohl kaum als Geschmacksorgan zu bezeichnen sein, nur da, wo sie fleischig ist, wie z. B. bei den Papageien, kann sie als solches betrachtet werden. Die Zunge der Säugethiere endlich ist sehr verschieden gestaltet; wahrscheinlich ist sie aber überall, wie bei dem Menschen das hauptsächliche, wenn nicht einzige Geschmacksorgan. Es ist insonderheit, und, der Angabe mancher Experimentatoren zufolge, ausschließlich der hintere Theil des Zungenrückens, welcher die Geschmacksempfindung vermittelt. Der Geschmacksnerv verbreitet sich hier in einer großen Anzahl von Wärzchen, den mit einem Wall umgebenen sog. Schleimhautpapillen, die mit mehren Lagen plattgedrückter Zellen, sog. Pflasterepithelium überzogen sind. Soll nun ein Stoff geschmeckt werden, so ist es erforderlich, daß diese Zellenlagen damit durchtränkt werden und der fragliche Stoff in dieser Weise zu den Nervenendigungen gelangt, sei es nun, daß er in gelöster Form genossen, oder durch den Speichel erst in Lösung versetzt wird. Auch hier ist man über die Endigungen der Nerven noch nicht im Klaren, wiewohl Remak und Kölliker fanden, daß sich einzelne Fasern in der Umgebung der Wärzchen mit Ganglienzellen verbinden. Möglich, daß binnen Kurzem ähnliche Verhältnisse, wie bei den bisher betrachteten Sinnesnerven entdeckt werden; bis dahin müssen wir uns aber weiterer Vermuthungen enthalten. Und was ist es überhaupt, was wir schmecken? Was verleiht den Stoffen den verschiedenen Geschmack? In der That, wir wissen eben so wenig über die Geruch und Geschmack veranlassenden Agentien, als über die Art und

Weise, wie dieselben die Nervenfasern in denjenigen Erregungszustand versetzen, durch welchen Geruch und Geschmack zum Bewußtsein gelangen. Wir wissen, daß das Rosenöl einen lieblichen Duft verbreitet, daß der Zucker süß, das ganz ähnlich zusammengesetzte Stärkmehl nicht süß, das Chinin bitter schmeckt, was ihnen aber diese Qualität verleiht, was das Riechbare oder Schmeckbare ist, wissen wir nicht. Es bedarf übrigens noch der Bemerkung, daß viele unserer sog. Geschmacksempfindungen nicht rein als solche zu betrachten sind, diese Empfindungen vielmehr aus einer gleichzeitigen Erregung der Geruchs-, Geschmacks- und der sehr fein percipirenden Gefühlsnerven der Zunge hervorgehen. So ist der sog. zusammenziehende Geschmack ein Resultat der gleichzeitigen Erregung von Geschmacks- und Gefühlsnerven, der sog. aromatische eine Empfindung, die durch gleichzeitige Erregung von Geruchs- und Geschmacksnerven herbeigeführt wird.

Der die Gefühlsempfindungen vermittelnde Apparat endlich ist die äußere, oder gewisse Höhlungen des Körpers überkleidende Haut. Wir sehen hier ab von jenen schon oben erwähnten sog. Allgemeingefühlen, als Durst, Hunger, Mattigkeit, über größere Abschnitte des Körpers verbreiteten Schmerz, und eben so von jenem sog. „Muskelgefühl," welches uns einmal in schon früher erwähnter Weise (s. S. 106) von der Leistungsfähigkeit des Muskels, von seiner „Kraft" oder „Müdigkeit," andrerseits, und wahrscheinlich in Folge des auf eine größere Anzahl von Nervenfasern ausgeübten Druckes, von dem Grade seiner Anstrengung, wie z. B. beim Heben schwerer Gewichte, Rechenschaft giebt. Was wir ins Auge zu fassen haben, sind nur die unter dem allgemeinen Ausdruck der „Tastempfindungen" zusammengefaßten, auf die äußere Haut und die innere Fläche der Mundhöhle beschränkten Gefühle, die wir passend in die beiden Kategorien der „Druck- und Temperaturempfindungen" zerlegen. Beide diese Empfindungen kommen dadurch zu Stande, daß ein auf die äußersten Zellenlagen der Oberhaut (Epidermis) ausgeübter Druck sich durch diese hindurch bis zu den Nervenendigungen hin fortsetzt, oder eine beliebige Temperatur derartige Veränderungen in den einzelnen Zellenlagen der Epidermis und vielleicht in den Nervenendigungen selbst hervorruft, daß dadurch ein entsprechendes Kälte- oder Wärmegefühl

entsteht. Zu diesem Zwecke ist die von den verschiedenen Zellenlagen der Oberhaut bedeckte eigentliche Haut (Lederhaut, Cutis), über deren Structur wir in einem spätern Vortrage noch ein Näheres hören werden, mit einer unendlichen Anzahl kleiner Wärzchen (Papillen), — an den Fingerspitzen nach Meißner's Angabe gegen 400 auf einer Quadratlinie —, versehen, und in diesen Wärzchen endigen nun die Nervenfasern entweder frei als zarte, marklose Röhren, oder verbunden mit jenen schon oben (S. 64) erwähnten, von Meißner entdeckten „Tastkörperchen," die nach Meißner's, Wagner's und Funke's Deutung als mit einem Fluidum erfüllte Bläschen zu betrachten sind, an deren Wandung sich die Nervenfasern vielfach verzweigen. Es finden sich diese Körperchen insonderheit an den sehr fein empfindenden Stellen der Oberfläche des Körpers, an den Fingerspitzen, der Zungenspitze, den Lippen u. s. w., und es will scheinen, daß sie, an den Fingerspitzen wenigstens, eben deshalb in so reichlicher Zahl vorhanden sind, damit die durch die größere Dicke der Oberhaut bedingte Behinderung der Einwirkung dieser oder jener Eindrücke durch Erhöhung der Erregungsfähigkeit der Nervenenden ausgeglichen werde. Auf das Zustandekommen der einzelnen Tastempfindungen, auf den Grad der Feinheit des Wahrnehmungsvermögens verschiedener Temperaturen, verschiedenen Druckes u. s. w., auf die aus einer Combination von Druck-, Temperatur- und Muskelgefühl hervorgehenden, für unser Urtheil über die Beschaffenheit eines Objectes so wesentlichen Empfindungen können wir hier nicht näher eingehen. Was wir heutigen Tages darüber wissen, verdanken wir größtentheils den mannigfachen und lehrreichen Experimenten E. H. Weber's, auf dessen treffliche Arbeiten wir Jeden, dem es um eine genauere Kenntniß des Gegenstandes zu thun ist, verweisen.*)

[Fig. 118 a. Vortr. 10.]



*) Vgl. E. H. Weber's Artikel: Tastsinn u. Gemeingefühl in R. Wagner's Handwörterb. d. Physiol. Bd. III.

Wenden wir uns dagegen noch in Kürze der Frage nach der Verbreitung des Tastsinnes und dem Bau der ihm dienenden Apparate in der Thierreihe zu.

Nirgends findet sich in dieser der große Vorzug wieder, den der Mensch vermöge seiner, mit den feinsten Tastapparaten versehenen Hände besitzt. Mehr und mehr wird der Tastsinn auf bestimmte andere Localitäten der Körperoberfläche verlegt und beschränkt, und nur selten sehen wir besondere, ihm dienende Apparate auftreten.

Bei den Säugethieren ist in der Regel die Haut der Lippen oder der Zunge oder der oft rüsselförmig verlängerten Nase (Elephant, Schwein, Maulwurf u. s. w.) Vermittler des Tastgefühls. Es kommen dabei oft die Spürhaare oder Bartborsten zu Hülfe, wenn sie, wie bei den Robben, in nervenreichen Scheiden stecken. Bei den Vögeln und insonderheit den Wasservögeln, ist es die Schnabelspitze, die wir mit einer weichen, empfindlichen, also nervenreichen Haut überzogen finden. Auch bei den Amphibien dienen die vordern Mundtheile als Tastorgan, während bei manchen, wie bei den Schlangen, vorzugsweise die Zunge als solches benutzt wird. Bei den Fischen endlich liegt der Tastsinn wohl nur in den weichen Lippen, an denen sich oft bewegliche faden= oder wurmförmige Organe befinden, die ohne Frage eine nähere Beziehung zum Tasten haben. Anders bei den wirbellosen Thieren. Bei ihnen hat das Tastgefühl an den verschiedensten Theilen des Körpers, meistens aber an gewissen dem Körper anhängenden Apparaten seinen Sitz und ist vielfach, wie z. B. bei den Spinnen, ohne Frage von ausnehmender Feinheit. Bei den mit einer festen Hautdecke bekleideten Insekten und Krebsen bilden die sog. Fühlhörner, die Antennen und die fein percipirenden Palpen, den Tastapparat (Fig. 156 a. f. S.). Jene dienen mehr der Wahrnehmung in der Nähe befindlicher Gegenstände überhaupt, diese der feinern Untersuchung; ihr letztes Glied ist zu dem Ende mit mikroscopischen Zäpfchen oder Borsten oder Warzen besetzt. Bei andern Insekten ist der denselben eigenthümliche Rüssel mit feinen, zur Tastwahrnehmung geeigneten Wärzchen versehen. Bei noch andern, wie bei den Spinnen, dienen die letzten Glieder der Extremitäten als Greif= und Fühlapparate. Bei einigen Krebsen trifft

ebenfalls das letztere Verhältniß zu, während andern zur Vermittlung

Fig. 156.*)



der Tastempfindungen die Beikiefer zu Hülfe kommen. Die Würmer tasten entweder mit besondern Kopfanhängen, wirklichen Fühlern, oder wie der Regenwurm, Blutegel u. s. w. mit dem vorderen Kopfende (Lippen), oder auch mit einem Rüsselchen, dem ausstülpbaren, vorderen Theile des Verdauungsapparates, während manche sicher auch gänzlich besonderer Tastapparate entbehren und mehr oder weniger mittelst der ganzen Körperoberfläche diese oder jene Eindrücke wahrnehmen. Unter den Weichthieren besitzen die Kopffüßler in ihren Armen Tastorgane, die Schnecken in ihren Fühlern und Lippen, die kopflosen in den mit Tentakelanhängen versehenen Mantelrändern und dem Fuße. Unter den Strahlthieren endlich suchen wir dieselben bei den Stachelhäutern in den Saugfüßchen, den den Mund umgebenden Tentakeln und den Stacheln, die vielleicht nach Art der Spürhaare Tastempfindungen vermitteln; bei den Quallen in den Fang- oder Greiforganen und Tentakeln, die als längere oder kürzere fadenförmige Gebilde dem vorderen Körpertheile anhängen; und ähnlich, wie bei diesen, verhält es sich bei den Polypen. Ob aber den Infusorien vermöge ihrer Wimpern, Borsten oder Häckchen ein wirklicher Tastapparat eigenthümlich ist, ist mehr als fraglich; will man in jenen Körperanhängen einen solchen sehen, so würden auch hier die Tastapparate mit den Bewegungs-

*) Verschiedene Formen von Antennen. (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 447.)

organen zusammenfallen, denn als solche sind jene ohne Frage zu betrachten.

So weit die Apparate, welche wir oben als die Vermittlungsglieder zwischen den peripherischen Endigungen der sensibeln Nervenröhren und der Außenwelt bezeichneten, welche für die Aufnahme irgend welcher Eindrücke bestimmt sind und für eine Erregung der Nervenfasern selbst Sorge tragen. Nicht ohne Freude und gerechte Bewunderung blicken wir auf die bedeutenden Fortschritte hin, welche mit Hülfe des Mikroscopes in der neuesten Zeit auf diesem Gebiete der Forschung herbeigeführt sind. Wie Manches fehlt aber dennoch auch hier an einer genügenden Erklärung der Erscheinungen! Wie wenig vermögen wir noch die Leistung jener eigenthümlichen, jüngst entdeckten Endapparate der Nervenfasern zu deuten, die in Auge, Ohr und Haut dazu bestimmt sind, das Licht, den Schall oder den leisesten Tasteindruck in einen Nervenreiz umzuwandeln! Wie so ganz im Dunkel sind wir noch über die Geschmacks- und Geruchswahrnehmung vermittelnden Vorgänge! Doch lassen wir die Hoffnung auf eine tiefere Erkenntniß deshalb nicht sinken. Ob auch selbst jeder Fortschritt für's Erste nur wieder neue Aufgaben stellt, ein Fortschritt schließt sich dennoch dem andern an, und, auf gutem Grunde fortbauend, dürfen wir in sicherer Erwartung weiterer Gewinnste der vollendeteren Gestaltung der Lehre vom thierischen Leben entgegensehen.

Wenden wir uns jetzt der zweiten Hauptfrage der gegenwärtigen Betrachtung zu.

Das Thier sieht, hört, fühlt u. s. w. Bewußt oder unbewußt führt es, veranlaßt durch äußere Eindrücke oder Willensacte, körperliche Bewegungen aus. Wir wissen bereits, daß eine Erregung der motorischen Nerven das erste Moment des Bewegungsactes bei den mit Nerven versehenen Thieren ist. Auf welche Theile des Organismus aber wirkt jener Erregungszustand des Nerven ein? In welcher Weise kommen durch sie die körperlichen Bewegungen zu Stande?

Im höhern thierischen Organismus sowohl, als im niedern kommen Bewegungserscheinungen elementarer Formbestandtheile vor, welche

unabhängig vom Nervensystem, unabhängig ferner von jedem anderweitigen Apparate erfolgen. Es sind dies die sog. Flimmerbewegungen, Bewegungen fadenförmiger oder länglich gestreckter Zellen, die bei höhern Thieren der Oberfläche der Schleimhaut der Lungen, der Nase u. s. w., bei niedersten Thierformen, insonderheit vielen Infusorien, der äußern Oberfläche des Organismus aufsitzen, und durch ein ständiges Hin- und Herschwingen dort insonderheit der Fortbewegung des Schleimes u. s. w., hier der Fortbewegung des Körpers selbst dienen. Von diesen Bewegungen sehen wir hier ab. Die sämmtlichen übrigen Bewegungen thierischer Organismen werden aber nur vermittelst eigenthümlicher zusammenziehungsfähiger Gebilde ausgeführt, und dahin gehört bei niedern Thierformen die bereits früher (S. 10) bezeichnete, Sarcode genannte, Substanz, bei der bei Weitem größten Mehrzahl der Thiere dagegen das unter der Bezeichnung des Muskels bekannte Gewebe. Jene Sarcodesubstanz zieht sich scheinbar durchaus ohne Vermittlung eines Nervenapparates zusammen, jede Berührung, vielleicht auch Licht oder Wärme, wirken unmittelbar schon auf sie Bewegung veranlassend ein; dieses dagegen, das Muskelgewebe, contrahirt sich scheinbar nur auf jene Anregungen, die von dem Nervenstrome des Bewegungsnerven ausgehen. Zwischen den verschiedenen zu bewegenden Theilen des Organismus ausgespannt, sind es die elastischen, das eigentliche Fleisch des Thieres bildenden und bei verschiedenen Thieren verschieden gefärbten Muskeln, welche sich in Folge einer Erregung durch den Nervenstrom verkürzen, in Folge ihrer Elasticität wieder ausdehnen, und durch das wechselnde Spiel von Zusammenziehung und Ausdehnung die Bewegungserscheinungen des thierischen Organismus hervorrufen. Ständig befinden sich diese Muskeln im lebenden Organismus in einem gewissen Grade der Anspannung; der höhere oder niedere Grad derselben verleiht den Gesichtszügen hier den Ausdruck der Frische, der Kraft, dort den der Trägheit, der Mattigkeit. Sich verkürzend nähern sie aber diese oder jene Theile des Organismus einander, und, den festen Theilen, dem Skelett, verbunden, wirken sie auf die einzelnen Glieder desselben in jener kunstvollen, harmonischen Weise ein, die wir in den Bewegungen unseres eigenen Körpers mit Recht bewundern.

Wie aber sind die Muskeln gebaut? Welches ist ihre chemische Zusammensetzung? Welche physikalische Eigenschaften bieten sie dar?

Das Mikroscop lehrt uns zunächst, daß der Bau nicht aller Muskeln derselbe ist. Die einen bestehen aus einer Anzahl nebeneinandergelagerter und mehr oder weniger zu großen Bündeln vereinigter Fasern, an denen man mit Hülfe des Mikroscopes eine Längs- und Querstreifung wahrnimmt, die andern bestehen aus dicht zusammengelagerten, engverbundenen, spindelförmigen Zellen, sog. contractilen Faserzellen. Jene sind es vorzugsweise, die willkürlich bewegt werden können, und man nennt sie die quergestreiften oder animalischen Muskeln, diese ziehen sich fast ausschließlich ohne Dazwischenkunft des Willens, also unwillkürlich, zusammen, und sie werden die glatten oder die organischen Muskeln genannt. Die Trennung beider Muskelarten ist jedoch nicht überall scharf durchzuführen, und sind auf der andern Seite auch die Gränzen zwischen den organischen Muskeln und der contractionsfähigen Sarcodesubstanz keineswegs überall scharf ausgeprägt, so will es in der That immer wahrscheinlicher erscheinen, daß wir in der Sarcodesubstanz, in den glatten und in den quergestreiften Muskelfasern nur verschiedene Entwicklungsstufen ein und derselben Grundsubstanz vor uns haben, Stufen, zwischen denen keine scharfe Gränzen, wohl aber mannigfache Uebergänge aufzufinden sind. — Es ist diese Ansicht, wie dem Verf. scheint, nicht ohne einiges Interesse. Mit den bis dahin bekannten Thatsachen verträglich, läßt sie uns die gesammten Bewegungserscheinungen im Thier- und Pflanzenreich als wesentlich an ein bestimmtes, materielles Substrat von verschiedener Entwicklungsfähigkeit und formeller Ausbildung gebunden erkennen, und giebt, den verschiedenen Hypothesen oder Anschauungen älterer Zeit gegenüber, zukünftigen Darstellungen einen wesentlichen gemeinsamen Ausgangspunkt. Das wunderbare Factum, daß das Herz des sich entwickelnden Wirbelthieres, beim Hühnchen z. B., schon in den ersten Tagen der Entwicklung pulsirt, ohne daß noch Muskelfasern oder Nerven in der Herzsubstanz aufgefunden werden können, mag vielleicht von diesem Gesichtspunkte aus einer befriedigenden Erklärung theilhaftig werden. —

Ein jeder quergestreifter Muskel besteht also, wie erwähnt, aus einer Anzahl nebeneinandergelagerter und mehr oder weniger fest mit einander verbundener Fasern, den sog. „Muskelfasern“ oder „Muskelprimitivbündeln“ (Fig. 157 und 158). Eine jede

Fig. 157. **)

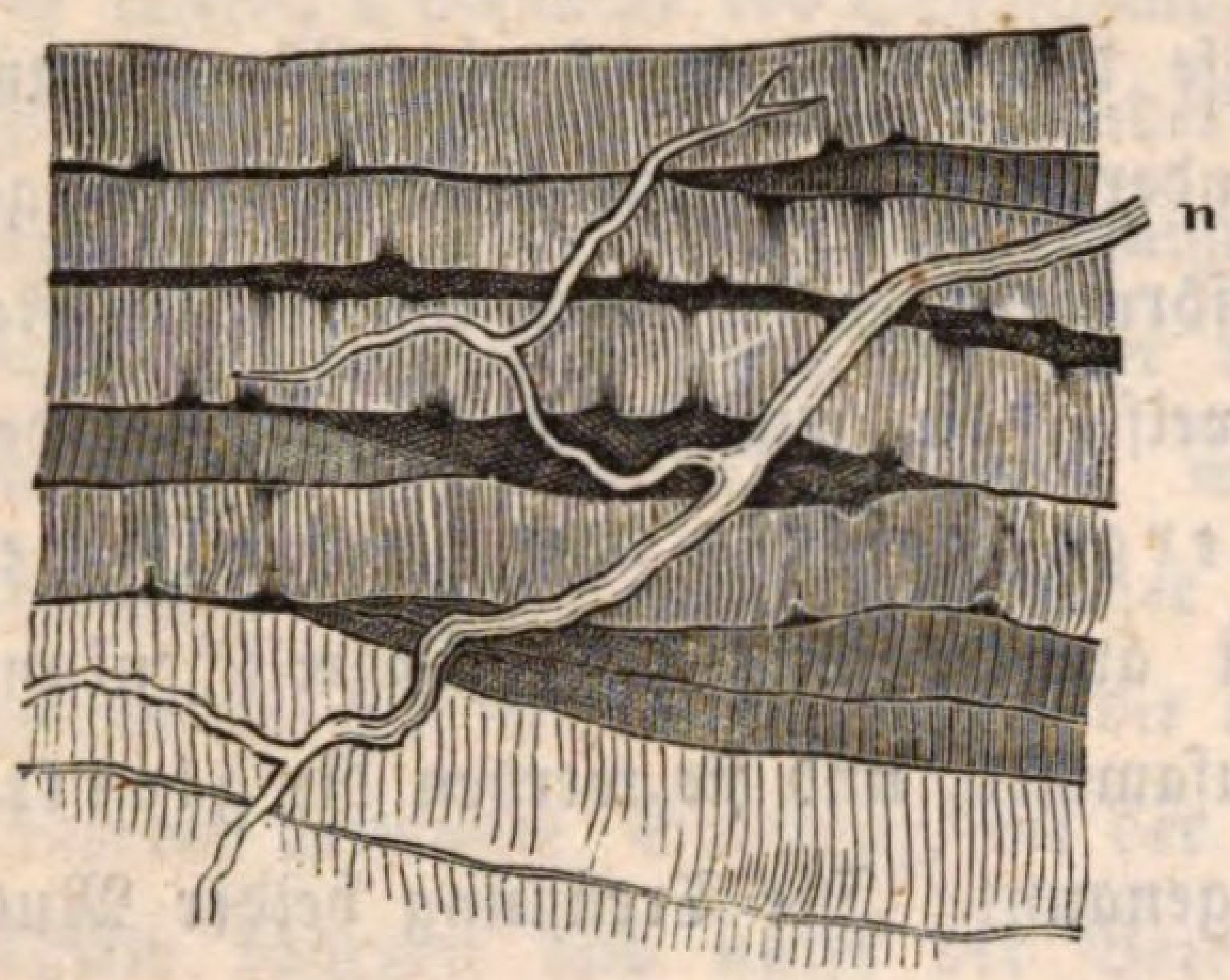
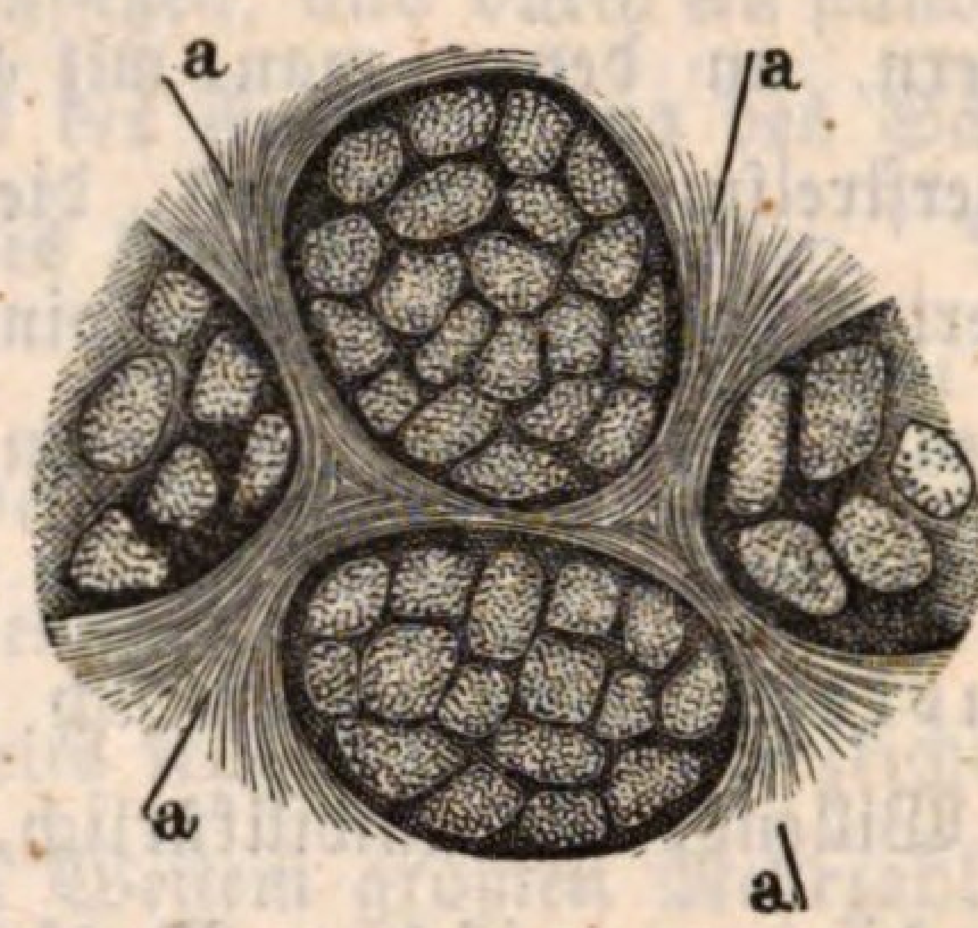


Fig. 158. **)



dieser Fasern, deren Durchmesser sich auf 0,005 — 0,03 ‴ beläuft, besteht aber wieder aus einer äußerst zarten, glatten, structurlosen Scheide und einem Inhalt, und dieser Inhalt wieder giebt sich unter dem Mikroscop als aus einer Anzahl Längsfäserchen, die bei gewisser Behandlung auch leicht der Quere nach, also in viereckige Plättchen zerfallen, bestehend zu erkennen. Es drängt sich hier jedoch dieselbe Frage auf, wie bei den Nervenfasern: ist das Verhalten dieses Scheideninhaltes während des Lebens des Muskels dasselbe, wie unter dem Mikroscop? Die Frage läßt sich bis dahin nicht genügend beantworten, und zweifelhaft bleibt es also bis dahin, ob der Inhalt der Muskelfaser im Leben ein zähflüssiger oder ein fester, organisirter Stoff ist. — An der Scheide dieser Muskelfasern selbst bemerkt man unter dem Mi-

---

*) Quergestreifte Muskelfasern, an denen sich ein Nerv (n) verzweigt. (250 Mal vergröß. Nach Ecker's Icon. physiol. Tab. XII. Fig. 11.)

**) Querschnitt durch einige sog. secundäre Muskelbündel, die durch Bindegewebelagen (a, a) zusammengehalten werden. Die zu größern Bündeln vereinigten Primitivbündel zeigen auf dem Querdurchschnitt eine mehr eckige, als runde Form. (Circa 150malige Vergrößerung. Ebenfalls nach Ecker.)

kroscop eine große Anzahl dunkler, wellenförmig oder gerade verlaufender Querstreifen, Streifen, die den Fasern eben den Namen der quergestreiften verliehen haben (s. Fig. 158). Sind das Falten der Scheide, deren Vorhandensein für die Formveränderungen des sich bald stärker, bald weniger stark verkürzenden Muskels nothwendig war? Setzen sie sich als Furchen auf den Inhalt der Faser fort, oder entsprechen sie kleinen Anschwellungen oder Erhabenheiten des letztern? Es mag auffallend erscheinen, daß wir in Betreff eines so tausendfältig beobachteten Verhältnisses noch Fragen aufwerfen, und doch, die Antwort auf dieselben ist noch nicht gefunden. Die Ursache, so wie die Bedeutung der Querstreifen der Muskelfaser ist bis dahin noch nicht genügend ergründet. Und nicht minder unklar sind uns noch manche Verhältnisse der organischen oder glatten Muskeln (Fig. 159 u. 160). Wir wissen mit Bestimmtheit, daß sie aus einer unendlichen

Fig. 159.*)



Fig. 160. **)



Anzahl einzelner, engverbundener, spindelförmiger Zellen von 0,02—0,04 ''' Länge und 0,002—0,003 ''' Breite bestehen. Die Zellen besitzen dabei einen Kern und einen mehr weniger flüssigen und feinkörnigen Inhalt. Fraglich ist es jedoch, ob dieselben jede eine besondere Hülle,

---

*) Drei einzelne glatte Muskelfasern. (250mal vergrößert. Nach Ecker a. a. O. Tab. XII. Fig. 12.)

**) Ein Stück glatten Muskelgewebes.

eine Zellhaut besitzen, oder ob sie etwa nach Art der Furchungskugeln des Eidotters (s. S. 27) abgesonderte Zellenmassen ohne besondere wahrnehmbare Umgränzungshaut bilden, und so im engen Verbande die Masse des ganzen Muskels zusammensetzen. Auch darüber hat die Zukunft noch zu entscheiden. Und wie steht es endlich um den Verband der Muskeln beider Art mit den ihre Bewegung hervorrufenden Nerven? So weit die Untersuchungen bis dahin reichen, scheinen sich die Nervenfasern zweigförmig mit feinsten Endigungen nur an ihnen zu verbreiten (s. Fig. 157), zwischen sie gelagert zu sein; doch es erfordert auch dieses Verhältniß noch weiterer Nachforschung.

Die chemische Zusammensetzung des Muskels betreffend, so steht es um die Kenntniß derselben zur Zeit noch weniger erfreulich, als um die seines feineren Baues. Was wir in dieser Beziehung wissen, beschränkt sich auf das Eine, daß der Muskelstoff wesentlich aus einem, dem sog. Faserstoff des Blutes nicht unähnlichen, stickstoffhaltigen Stoff, dem sog. Muskelfaserstoff oder Syntonin und einigen unorganischen Verbindungen besteht. Genaueres läßt sich bis dahin nicht angeben. Stellen wir uns jedoch die hier obwaltende Schwierigkeit der Untersuchung klar vor die Augen. Der Muskel ist durchzogen von feinsten Nervenfasern, von feinsten Blutgefäßen; seine Faserbündel sind zusammengehalten durch sog. Bindegewebe, in dessen Maschen sich vielfach Fettablagerungen befinden. All diese Gebilde müssen zunächst entfernt werden, wenn die Untersuchung des Muskels selbst ein ungetrübtes Resultat geben soll. Die totale Entfernung ist aber leider! fast eine Unmöglichkeit. Der Muskel ferner ist getränkt mit einer aus sehr verschiedenen Bestandtheilen zusammengesetzten Flüssigkeit, der sog. Fleisch- oder Ernährungsflüssigkeit, die man durch Auspressen des Fleisches aus ihm gewinnen kann. Es ist wieder fast unmöglich, beide, Muskelsubstanz und Fleischflüssigkeit, der Art zu trennen, daß jede für sich getrennt erhalten und untersucht werden kann. Ist es unter solchen Umständen ein Wunder, wenn die chemische Constitution der Muskelfaser selbst noch eine räthselhafte ist? Dürfen wir überhaupt auf eine klare Erkenntniß derselben hoffen? — Die trefflichen Forschungen Liebig's und Scheerer's über die Zusammensetzung des Fleischsaftes, Forschungen, die für die Lehre vom Stoffwechsel und die

Diätetik von der weittragendsten Bedeutung sind, regen freilich manche Erwartungen an. Es besteht dieser Fleischsaft einmal aus eiweißartigen Verbindungen, aus welchen sich das Syntonin hervorzubilden scheint, und andrerseits aus Stoffen, die entweder aus der Metamorphose des Syntonins selbst, oder auch aus der der eben genannten eiweißartigen Verbindungen hervorgehen, über deren weiteren Zerfall zu Verbindungen aber, die der Organismus ausscheidet (Harnstoff, Kohlensäure, unorganische Verbindungen u. s. w.), kaum ein Zweifel obwalten kann. Das stickstoffhaltige Kreatin, das ihm nahe verwandte Kreatinin, die stickstoffhaltige Inosinsäure, die stickstofffreie Milchsäure, das phosphorsaure Kali und der phosphorsaure Kalk sind uns als solche Stoffe bekannt. Wir werden später noch ausführlicher auf dieselben zurückkommen. Allein, wie erwähnt, wir vermögen Muskelfaser und Fleischflüssigkeit bis dahin noch nicht der Art zu trennen, daß jede in ihrer Integrität zur Untersuchung gelangen kann, und können somit auch nicht angeben, welche jener Verbindungen und Stoffe jener, welche dieser angehören. Es läßt sich bei solchem Stande der Dinge auch noch nicht übersehen, in wie weit die bei der Thätigkeit des Muskels thatsächlich stattfindenden chemischen Vorgänge oder Metamorphosen mehr den Bestandtheilen der Fleischflüssigkeit, oder mehr der eigentlichen Muskelsubstanz angehören; und wenn uns also G. v. Liebig den Beweis lieferte, daß in dem thätigen Muskel in der That ein Gaswechsel stattfinde, der Art, daß der Muskel Sauerstoff aufnimmt und Kohlensäure dafür abgiebt, daß die Menge dieser Kohlensäure dem Grade der Thätigkeit des Muskels entspricht, daß ferner der Sauerstoff, der dem Muskel durch das Blut zugeführt wird, ein wahres Lebenselement für ihn bildet, in so fern er seine Contractionsfähigkeit bedeutend erhöht; wenn es weiterhin eine zum Theil schon länger (durch Berzelius) festgestellte Thatsache ist, daß der Gehalt des Muskels an Kreatin, Kreatinin und insonderheit an Milchsäure durch den Act der Thätigkeit desselben erhöht wird; wenn es endlich durch Helmholtz andererseits nachgewiesen wurde, daß die Muskeln des Froschschenkels bei einer zwei bis drei Minuten anhaltenden, durch einen elektro-magnetischen Apparat eingeleiteten krampfhaften Zusammenziehung eine Wärmezunahme von 0,14—0,18° C. erfahren, — eine Erscheinung, von der

wir schon früher erwähnten, daß es fraglich sei, ob sie lediglich auf Rechnung des chemischen Stoffwechsels gebracht werden dürfe —, so verkennen wir den hohen Werth dieser Thatsachen sicher nicht, müssen aber dennoch gestehen, daß wir den innern Zusammenhang derselben bis dahin keineswegs klar und bestimmt erkannt haben, noch die Betheiligung der einzelnen Bestandtheile des Muskels bei dem Zustandekommen der einzelnen Erscheinungen zu ermessen vermögen.

Wir stellten oben noch eine dritte Frage; die Frage nach dem physikalischen Verhalten der Muskeln. Den berühmten Forschungen Ed. Weber's, so wie den auch hier wieder bewunderungswürdigen Arbeiten du Bois-Reymond's verdanken wir hinsichtlich ihrer die wesentlichsten Aufklärungen, und besser als über den Bau und die chemischen Verhältnisse sind wir ohne Frage über die physikalischen Eigenschaften des Muskels unterrichtet. Abgesehen von der Frage nach dem Wie? der Erregung des ruhenden Muskels, wissen wir durch Ed. Weber, daß in dem Moment, wo ihn der erregende Nervenstrom trifft, seine Fasern sich geradlinig (nicht in Zickzackform, wie man früher annahm) verkürzen, daß der ganze Muskel dabei fast ebensoviel im Querdurchmesser zunimmt, als im Längsdurchmesser verliert, das Volumen des ganzen Muskels sich also nur sehr wenig bei der Verkürzung ändert, daß ferner, je länger der Muskel, um so größer auch seine Verkürzungsfähigkeit ist, und daß die Kraft, welche er auszuüben vermag, der größeren oder geringeren Anzahl von Fasern, aus denen er zusammengesetzt ist, entspricht. Bei den quergestreiften Muskeln erfolgen diese Verkürzungen, die unter Umständen bis zu $^3/_4$ der ganzen Muskellänge betragen können, gemeiniglich ausnehmend rasch, momentan, der Art jedoch, daß sie im ersten Moment am kräftigsten und intensivsten sind, dann etwas nachlassen und schließlich an ihrem Gränzpunkte anlangen. Bei den glatten Muskeln geschehen alle Bewegungen bei Weitem langsamer, und es bieten dieselben deshalb auch jenes Bild wurmförmiger Bewegungen dar, welche wir z. B. am Darmkanale kennen. Keineswegs wirken nun aber die Muskeln dann am kräftigsten, wenn sie sich in der größten Verkürzung befinden; Ed. Weber hat vielmehr nachgewiesen, daß bei mittleren Graden der Verkürzung und Belastung die Nutzleistung des Muskels am größten ist. Es ist ferner experimentell er-

wiesen, daß der Muskel im Zustande der Ermüdung sich bedeutend weniger zu verkürzen vermag, als im Beginn der Thätigkeit; so verkürzte sich z. B. in einem Versuche ein Muskel von 39,8 Millimeter Länge im zweiten Zeitabschnitt einer durch einen elektro-magnetischen Apparat hervorgerufenen Thätigkeit um 33,8 Millimeter, im achten Zeitabschnitt um 20,9 Millim., im zwölften um 10,5 und im achtzehnten, im Zustande großer Ermüdung, nur noch um 4,1 Millim., — ein Verhältniß, welches Jedem annähernd schon aus der Erfahrung der Schwierigkeit, ermüdete Muskeln stark zusammenzuziehen, bekannt ist. Was aber veranlaßt, der Verkürzung des Muskels gegenüber, die Wiederherstellung seiner natürlichen Ausdehnung? Auch darüber haben die Versuche Ed. Weber's bereits entschieden, und wir wissen es, daß es seine Elasticität ist, der wir vorzugsweise dieselbe zuzuschreiben haben. Wird der lebende Muskel von einem Reize, dem Nervenstrome oder einem elektrischen Strome getroffen, so zieht er sich zusammen, er verkürzt sich. Sobald jedoch dieser Reiz aufhört, kehrt er vermöge der ihm eigenthümlichen Elasticität zu seinem vorherigen Ausdehnungsgrade zurück. Die Formveränderung, welche der Muskel während des Verkürzungsactes erfährt, ist also derjenigen zu vergleichen, welche ein elastischer Ball in Folge eines von verschiedenen Seiten auf ihn ausgeübten Druckes erfährt, und die Wiederherstellung seiner natürlichen Form gleicht dem Zurückspringen des Balles in seine Form nach dem Aufhören des Druckes. Diese Elasticität des Muskels nimmt nun aber während der Thätigkeit desselben bis zum Ermüdungszustande hin, ähnlich wie die Zusammenziehungsfähigkeit, immer mehr ab, Umstände, die uns die geringe Nutzleistung des ermüdeten Muskels hinlänglich erklären. Auch bedarf es noch der Erwähnung, daß sich der ruhende Muskel im thierischen Organismus keineswegs in einem ganz natürlichen Grade der Ausdehnung befindet, daß vielmehr alle Muskeln, auch im Zustande der Ruhe, sich in einem gewissen Grade der Ausspannung befinden, den ihre Elasticität nicht überwindet, in welchem sie vielmehr ständig durch ihre Verbindung mit den Knochen und durch ihre verschiedenartige entgegengesetzte Wirkung (Streckung und Beugung der Glieder) erhalten werden. — Für den festen Zusammenhalt der einzelnen Glieder war diese ständige Anspannung der Muskeln eine

Nothwendigkeit, und wir dürfen jenen wohl als den Hauptzweck der letztern betrachten.

So stellt der Muskel ein elastisches und der Zusammenziehung fähiges, auf gewisse Reize sich ständig und wirklich zusammenziehendes Gebilde von den verschiedensten Formen und Farben dar. Gleich einer von außen nach innen ziehenden Kraft wirkt der elektrische Strom oder der Nervenstrom auf ihn ein, und die Rückkehr zu seiner frühern Ausdehnung verdankt er seiner Elasticität. Neuerer Zeit sind wir aber durch du Bois-Reymond noch von einem andern äußerst wichtigen physikalischen Verhalten des Muskels in Kenntniß gesetzt. Nach des genialen Forschers lehrreichen Untersuchungen ist nämlich der Muskel, gleich dem Nerven, im ruhenden Zustande ein sog. elektromotorischer Apparat. Schaltet man ein Stück Muskel in bestimmter Weise zwischen die Drähte eines Multiplicator ein, so wird ein elektrischer Strom von ihm abgeleitet, und von dem Dasein desselben giebt uns wieder die in dem Multiplicator aufgehängte Magnetnadel Kunde. Es unterscheidet sich jedoch das elektrische Verhalten des Muskels dadurch von dem des Nerven, daß er durch Hinzufügung eines elektrischen Stromes nicht in den sog. elektrotonischen Zustand (s. o. S. 94) versetzt wird; ist er dagegen in Thätigkeit, so zeigt die Magnetnadel, gleich wie bei dem Nerven im erregten Zustande, eine negative Schwankung. Verschiedene Verhältnisse haben dabei einen bedeutenden Einfluß auf die Intensität und Andauer des elektrischen Stromes. So wissen wir durch du Bois, daß der Strom um so intensiver ist, je größere Länge und je größeren Querschnitt (größere Dicke) der Muskel besitzt; wir wissen ferner, daß hohe und sehr niedrige Temperaturen die Leistungsfähigkeit und den elektrischen Strom des Muskels vernichten; daß chemische Agentien, als Säuren, ätzende Alkalien, concentrirte Kochsalzlösungen, eine gleiche Wirkung haben, daß endlich mit dem Grade der Ermüdung die Intensität des Stromes sinkt. Und wie entsteht der elektrische Strom im Muskel? du Bois hat uns auch hier auf die Nothwendigkeit der Annahme hingewiesen, daß der Muskel aus lauter elektromotorischen Molekeln zusammengesetzt sei, und zwar entweder aus peripolaren Molekeln, deren negative Polarzonen dem Querschnitt, deren positive Aequatorialzone dagegen der Oberfläche des Muskels

zugekehrt ist, oder aus dipolaren Molekeln in peripolarer Anordnung, der Art, daß je zwei, enger zusammengehörig, mit ihren positiven Polen einander zugewandt sind. *) — Werden wir aber bei der Kenntniß dieses elektrischen Verhaltens des Muskels nicht mit kaum abzuweisender Nothwendigkeit zu der Ansicht hingedrängt, daß die Zusammenziehung des Muskels in der That Wirkung einer elektrischen Kraft ist, daß der elektrische Strom des Muskels selbst durch den elektrischen Strom des Nerven in irgend welcher Weise erregt oder modificirt wird? Ja werden wir nicht weiter zu der Vermuthung verleitet, daß im ganzen Thierreich, wo es sich um durch zusammenziehungsfähige Gebilde bedingte Bewegungen handelt, auch elektrische Vorgänge im Spiele, elektrische Vorgänge die causa movens der Bewegung sind? Was in den mit Nerven versehenen Thieren der Nerv leistet, das leistet für die nervenlosen und für die contractionsfähige Körpersubstanz derselben vielleicht schon der Lichtstrahl und die ihn begleitende Wärme, oder irgend welche Berührung eines fremden Körpers, eine Ueberlegung, welche uns die trefflichen, schon früher einmal erwähnten Worte Alexander von Humboldt's über die „allverbreitete, eine Kraft" nur zu lebhaft in das Gedächtniß ruft.

Die Muskeln des thierischen Organismus also sind es, an denen der Bewegungsnerv zunächst seine Wirkung entfaltet. Sein Erregungszustand ruft eine, von Elektricitätsentwicklung begleitete Verkürzung des Muskels hervor, und dieser, mit den festen Theilen des Körpers, mit dem Skelett oder dem Panzer u. s. w. des Thieres verbunden, bedingt eben durch den Wechsel seiner Contraction und Ausdehnung die Bewegung der einzelnen Glieder des Körpers. Es würde uns jetzt behuf einer tieferen Einsicht in die Leistungen der einzelnen Muskeln obliegen, über die Mechanik dieser Bewegungen, so wie über den Bau der festen, durch die Muskeln zu bewegenden Körpertheile, über den Bau der Knochen und Knorpel, des Panzers oder der Schaalen der niedern Thiere im Allgemeinen, so wie über den Bau der einzelnen Skelettheile, des Schädels, des Rumpfes, der vielgestaltigen Extremi-

---

*) Vgl. hierüber S. 94.

täten u. s. w. im Einzelnen zu handeln. Es liegen diese Betrachtungen jedoch außerhalb der Gränzen dieser Vorträge, da sie unumgänglich ein näheres Eingehen auf anatomische Details erforderlich machen, welche für das allgemeine Verständniß des thierischen Lebens eben so entbehrlich sind, als dem Gebiete allgemein-physiologischer Betrachtungen fern stehen. Nur über den feinern Bau und die chemische Zusammensetzung der das Skelett der Wirbelthiere bildenden und bald unmittelbar, bald durch Knorpel, Bänder, Gelenkkapseln u. s. w. verbundenen Knochen mag hier noch eine kurze Bemerkung Platz finden.

Es stellen die Knochen ein theils sehr festes, theils lockeres, schwammiges Gewebe dar, und zwar bildet das erstere überall die äußere sog. Rindensubstanz, das letztere dagegen die innere, mittlere sog. Marksubstanz derselben. Nirgends jedoch ist das Gewebe, wie es bei der Betrachtung mit bloßem Auge erscheint, ganz solide. Die Rindensubstanz ist vielmehr vielfach von Kanälchen zur Aufnahme von Blutgefäßen und Nerven, von den sog. Haversi'schen oder Gefäßkanälchen durchzogen, und die Marksubstanz enthält an ihrer Stelle größere rundliche oder längliche Hohlräume, die sog. Markzellen, die mit Mark, Blutgefäßen und Nerven erfüllt, und von dem lockeren, in der Form von zarten Blättchen oder Bälkchen netzförmig verbundenen Knochengewebe umgeben sind. Die Knochensubstanz selbst besteht dabei aus einer blättrigen, geschichteten, dichten Grundsubstanz, und aus sehr kleinen, mit einander in Communication stehenden Hohlräumen mit zarten, spinnenfußartigen, nach allen Richtungen ausstrahlenden Ausläufern, Hohlräume (Fig. 161 u. 162 a. f. S.), die man früher für feste Körperchen hielt und mit dem Namen der Knochenkörperchen belegte, jetzt aber, ähnlich wie bei der Hornhaut des Auges (s. o. S. 37) als die Träger einer Ernährungsflüssigkeit des Knochens, so weit er dieselbe nicht direct aus dem Blute beziehen kann, betrachtet. An seiner Oberfläche ist der Knochen mit Ausnahme der mit dem sog. Gelenkknorpel überzogenen Stellen von einer besondern, festen Haut, der Beinhaut oder dem Periost, überzogen, und diese mit dem Knochen selbst ziemlich fest verbundene Haut ist es eben, mit welcher die Muskelsehnen oder Muskelfasern fest verbunden sind, um so die Bewegungen der Knochen zu bewirken. Gleichzeitig ist die Beinhaut der Träger feiner

Blutgefäße, die von ihr aus in die Rindensubstanz des Knochens eindringen, sich in derselben in den Haversi'schen Canälen vielfach

Fig. 161. *)

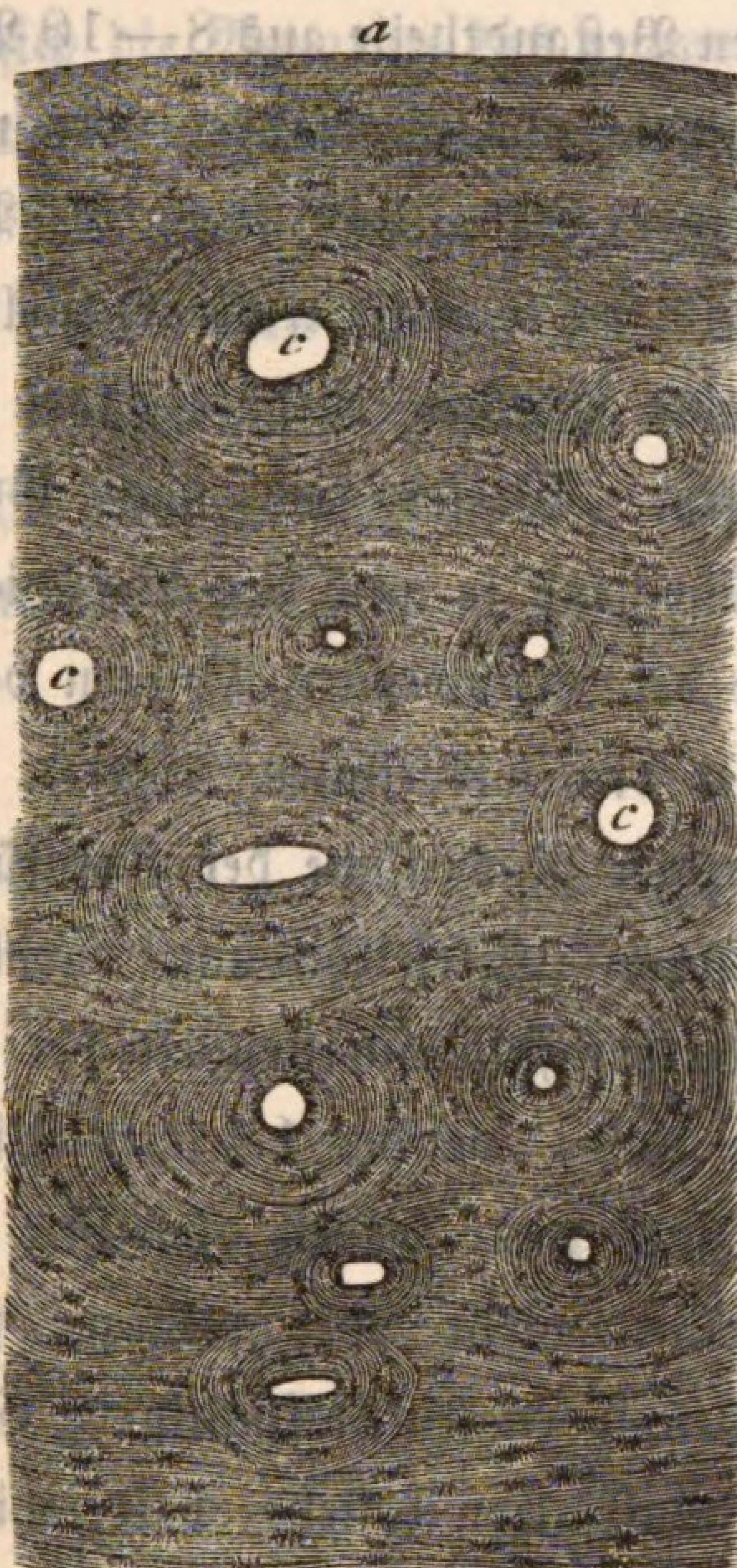
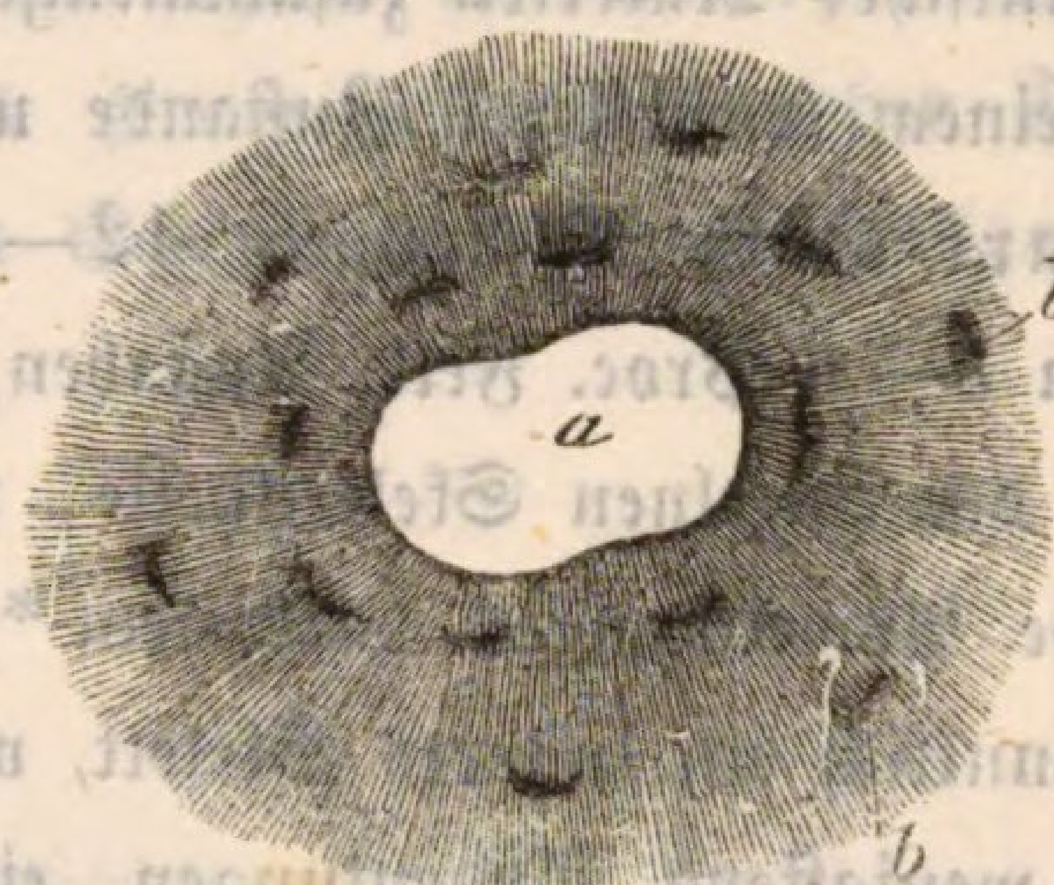


Fig. 162. **)



verzweigen, in der Marksubstanz des Knochens ein reiches Gefäßnetz bilden und so für die Ernährung des ganzen Knochens Sorge tragen. Die chemische Zusammensetzung des Knochens betreffend, so ist es be-

*) Stückchen eines bis zur Durchsichtigkeit dünn geschliffenen Querschnittes aus einem Fingerknochen des Menschen. a Aeußere Oberfläche des Knochens. b Innere, gegen die Markhöhle gerichtete Oberfläche. c Haversi'sche Canäle im Querschnitt umgeben von ihren Knochenlamellen. Die schwarzen Sternchen stellen die Knochenhöhlen und deren Ausläufer dar. (Nach Kölliker: Mikroscop. Anatom. II. 1. S. 282. 90mal vergröß.)

**) Ein Theilchen des Schliffes in Fig. 161, 300mal vergrößert. a Haversi'scher Canal. bbb Knochenhöhlen mit ihren Ausläufern in den den Canal umgebenden Lamellen.

kannt, daß der wesentlichste Bestandtheil derselben eine anorganische Verbindung, der phosphorsaure Kalk, die sog. Knochenerde ist. Es enthält die ganze Masse des menschlichen, trockenen Knochens 50—60 Proc. derselben, während die übrigen Bestandtheile aus 8—10 Proc. kohlensaurem Kalk (Kreide), 1—2 Proc. phosphorsaurer Magnesia, einer geringen Menge in Wasser löslicher Salze und etwa 30 Proc. organischer Materien zusammengesetzt sind. Der nicht trockene, vielmehr in seinem natürlichen Zustande untersuchte Knochen enthält dabei nach Stark's Untersuchungen 12—20 Proc. Wasser und nach Bibra etwa 3—6 Proc. Fett, Angaben, die übrigens je nach der Verschiedenheit der einzelnen Skeletttheile, so wie bei verschiedenen Thieren bedeutende Abweichungen darbieten. *) Bei den wirbellosen Thieren fehlt bekanntlich ein inneres Skelett, mit einziger Ausnahme der Kopffüßler, die wenigstens Andeutungen einer innern Skelettbildung darbieten. Bei den übrigen verleiht eine verschiedenartige Beschaffenheit der Körperhüllen dem Organismus denjenigen Halt, welcher bei den Wirbelthieren durch das Skelett gegeben ist, und zwar bilden dieselben bald, wie bei den meisten Gliederthieren, einen mehr oder weniger festen Panzer, dessen Grundlage aus einem besondern stickstoffhaltigen, Chitin genannten, Stoffe in Verbindung mit Kalksalzen besteht, bald, wie bei den Mantelthieren (Tunicaten), einen sog. Mantel, der auffallender Weise in seiner chemischen Zusammensetzung dem Pflanzenzellstoff gleicht, bald, wie bei den Stachelhäutern, hornige, kalkige Schaalen. Diese äußeren Hüllen sind es, die den Muskeln der niedern Thiere zum Befestigungspunkte dienen und dem Organismus derselben gleichzeitig die ihm eigenthümliche Festigkeit verleihen.

Weiter dürfen und wollen wir uns hier auf die Verhältnisse der passiven Bewegungsapparate, wie man das Skelett bezeichnen kann, nicht einlassen. Was wir zu erreichen strebten, wird auch schon mit dem Gegebenen annähernd erreicht sein. Wissen wir doch jetzt, wenn wir an unser früheres Bild zurückdenken, wie diese und jene Eindrücke zu dem Bewußtsein des Thieres gelangen, wie es bewußt oder unbe-

---

*) Vgl. Schloßberger's Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Thierphysiologie. 1855. Bd. 1.

wußt in Folge der verschiedenen Eindrücke zu Bewegungen veranlaßt wird, wie diese selbst ferner zu Stande kommen. Aber ein reiches Feld der Betrachtungen liegt noch vor uns. Die interessante Frage, wie sich die Apparate des animalen Lebens aus den dem Thiere zugeführten Nahrungsmitteln aufbauen und ständig regeneriren, wie der von den Pflanzen zusammengefügte Stoff im Thierleibe metamorphosirt, nach allen Richtungen und in alle Theile hinein verbreitet und zum Bestandtheil desselben wird, wie ferner und in welcher Form er ihn wieder verläßt, sie wird den Gegenstand der nächstfolgenden Vorträge bilden.

[illegible] ihren Aufgaben, die übrigens je nach [illegible] der einzelnen Skelettheile, so wie bei verschiedenen Thieren bedeutende Abweichungen darbieten.*) Bei den wirbellosen Thieren fehlt bekanntlich ein inneres Skelet, mit einziger Ausnahme der Kopffüßler, die wenigstens Andeutungen einer innern Skeletbildung darbieten. Bei den übrigen verleiht eine verschiedenartige Beschaffenheit der Körperhüllen dem Organismus denjenigen Halt, welcher bei den Wirbelthieren durch das Skelet gegeben ist, und zwar bilden dieselben bald, wie bei den meisten Gliederthieren, einen mehr oder weniger festen Panzer, dessen Grundlage aus einem besondern stickstoffhaltigen, Chitin genannten, Stoffe in Verbindung mit Kalksalzen besteht, bald, wie bei den Manteltieren (Tunicaten), einen sog. Mantel, der auffallender Weise in seiner chemischen Zusammensetzung dem Pflanzenzellstoff gleicht, bald, wie bei den Stachelhäutern, hornige, kalkige Schaalen. Diese [illegible] die den Muskeln der niedern Thiere zum Befestigungspunkte dienen und dem Organismus derselben gleichzeitig die ihm eigenthümliche Festigkeit verleihen.

Weiter dürfen und wollen wir uns hier auf die Verhältnisse der passiven Bewegungsapparate, wie man das Skelett bezeichnen kann, nicht einlassen. Was wir zu erreichen streben, wird auch schon mit dem Gegebenen annähernd erreicht sein. Wissen wir doch jetzt, wenn wir an unser früheres Bild zurückdenken, wie diese und jene Eindrücke zu dem Bewußtsein des Thieres gelangen, wie es bewußt oder unbe-

*) Vgl. Schlossberger's Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Thierphysiologie. 1856. Bd. 1.

Der innere Bau und das Leben des Thieres.

II. Bau und Verrichtungen der Apparate des vegetativen Lebens.

Zwölfter Vortrag.

Der Bau und die Verrichtungen der Verdauungsapparate.

In einem früheren Vortrage haben wir das Thier als ein Werkglied des uns umgebenden Naturganzen bezeichnet, in den letzteren dagegen seine individuellen Leistungen, so weit sie abhängig sind von de-Apparaten des animalen Lebens, ins Auge gefaßt. Von welchem Gesichtspunkte man aber den Ausgang auch nimmt, immer führt die Ueberlegung zu dem Resultate, daß es ständig der Aufnahme einer gewissen Menge unorganischer und organischer Stoffe bedarf; dort, um fördernd einzugreifen in den Kreislauf des Stoffes und damit seiner allgemeinen Lebensaufgabe zu genügen, hier, um einen gewissen Grad der körperlichen Entwicklung zu erreichen und ständig Ersatz zu finden für das, was dem Körper durch die andauernde Thätigkeit, durch die gesammten Lebensvorgänge selbst verloren geht. — Wie in der voranstehenden Betrachtung erwähnt wurde, büßt der Muskel in Folge andauernder Thätigkeit nicht nur seine Leistungsfähigkeit ein, sondern erleidet auch gewisse chemische Metamorphosen, die eben die wesentlichste Ursache jener Einbuße zu sein scheinen. Aehnlich verhält es sich aber mehr oder weniger mit fast allen Formbestandtheilen des Thierkörpers. Nur sehr wenige dieser Bestandtheile, wie z. B. der Schmelz der Zähne, bleiben während der ganzen Lebensdauer unverändert dieselben; die meisten fallen in Folge ihrer Thätigkeit bald rascher, bald langsamer chemischen Metamorphosen anheim, und der Verlust ihrer wesentlichsten Eigenschaften ist die unausbleibliche Folge davon. Es bedarf kaum der Hinweisung, daß diese leichte und ständige Veränderlichkeit der Formbestandtheile der Organismen eine Nothwendigkeit war, wenn anders die Leistungsfähigkeit und Existenz des Thieres überhaupt nicht gefährdet sein sollten; kein erdenklicher Stoff würde Jahre lang denselben Anforderungen genügen können, ohne die Fähigkeit dazu endlich

zu verlieren. Aber die eine Nothwendigkeit hat auch eine zweite in ihrem Gefolge, und ohne die Zufuhr eines Materiales, von dem aus sich die untüchtig gewordenen Körperbestandtheile ständig regeneriren, die erlittenen Verluste immer wieder gedeckt werden können, würde das Thier nicht zu existiren und das nicht zu leisten im Stande sein, was es zu leisten bestimmt ist.

Dieses Material nun bilden die sog. „Nahrungsmittel" des Thieres. — Wir lassen es hier dahingestellt sein, ob und in wie fern ein Theil der von dem Thiere aufgenommenen „Nahrungsmittel" nur bestimmt ist, in ihm in einfachere Verbindungen zu zerfallen, der übrige Theil dagegen der Entwicklung und steten Verjüngung der Formbestandtheile dient. Nicht unwahrscheinlich ist es, daß, insonderheit im gereiften Organismus, nur ein gewisser Theil der sog. Nahrungsmittel im eigentlichen Sinne des Wortes als Nahrungs- oder Bildungs- oder Ersatzmittel aufgefaßt werden darf, der übrige Theil dagegen nur die Rolle eines für gewisse Metamorphosen bestimmten Transitostoffes spielt. Auch die weitere, nicht uninteressante Untersuchung, in wie fern bei den verschiedenen thierischen Organismen, bis zum Menschen hinauf, die Stoffaufnahme mehr den individuellen Leistungen und Schicksalen des Thieres zu genügen, oder vielmehr der früher bezeichneten allgemeinen Lebensaufgabe desselben zu entsprechen bestimmt ist, kann hier nicht Gegenstand unserer Aufmerksamkeit werden. Fragen wir dagegen, welche Stoffe es sind, die der Entwicklung und der ständigen Verjüngung des Thieres dienen, die andrerseits einen bestimmten Zerfall im thierischen Organismus erfahren sollen, so wissen wir es ebenfalls schon aus einem frühern Vortrage, daß es die Pflanze ist, welche dieselben liefert; denn ob sich auch manche Thiere nur von andern Thieren nähren, im letzten Gliede ist doch immer die Pflanze die Quelle ihrer Existenz. Dieselben Elementarstoffe, welche die Pflanze zusammensetzen, setzen auch den thierischen Organismus zusammen; derselbe Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, welcher hier das Pflanzeneiweiß bildet, ist dort bei der Bildung des Bluteiweißes, des Muskels, ja des größten Theiles der ganzen Körpermasse betheiligt, und dieselben Atome Kalk- und Talkerde, dieselben Atome Eisen, dieselben alkalischen Basen, welche hier die vegetabilische Zelle, das Blattgrün oder die Frucht

bilden helfen, bedingen dort die Bildung der thierischen Zelle, des Knochens oder Panzers, der Blutkörperchen oder der Blut- und Fleischflüssigkeit. Aus Blatt und Frucht geht Blut und Fleisch hervor; „zur regsamen Nervenfaser" gestaltet sich, was die Pflanze zusammengefügt; zu allen Theilen des Organismus gelangen die Nahrungs- oder Bildungsstoffe hin, um ihnen zum Ersatz erlittener Verluste zu dienen, um nach einer langen Reihe von Metamorphosen endlich den Thierkörper in der Form von Kohlensäure und Wasser, oder von Galle, Harnstoff u. s. w., oder von Salzen verschiedener Art wieder zu verlassen, und in das Reich der unorganisirten Körper zurückzukehren.

Wie kommen diese Erscheinungen des vegetativen Lebens zu Stande? Wie werden die Metamorphosen des Stoffes bewerkstelligt? Wie der Pflanzenstoff im Thierkörper umgetrieben, umgestaltet, zerlegt und endlich wieder aus dem Organismus entfernt?

Mehr als irgendwo bedarf es es hier des Hinweises, daß, um richtige Anschauungen von den Lebensvorgängen im thierischen Organismus zu gewinnen, die Kenntniß einer langen Reihe von Thatsachen, von anatomischen, physikalischen und chemischen Verhältnissen ein unabweisliches Bedürfniß ist. Ein Mangel dieser Kenntniß würde es unmöglich machen, auch nur eine der eben gestellten Fragen zu beantworten. Sollen und dürfen dieselben aber bei dem Leser dieser Vorträge nicht vorausgesetzt werden, so bleibt dem Verfasser nichts übrig, als auch auf die speciellere Darlegung jener Verhältnisse, so weit es nothwendig ist, einzugehen, selbst auf die Gefahr hin, die Vorstellung hie und da durch die mannigfachen Einzelnheiten zu belästigen oder zu ermüden. — Die Fülle der Gegenstände ist dabei so groß, daß es unthunlich ist, sie in einem Vortrage zu vereinigen. Die Mannigfaltigkeit der vielfach durchforschten Bau- und Lebensverhältnisse des im Verhältniß zum Ganzen verschwindend kleinen einzelnen thierischen Organismus ist in der That nicht minder groß, als die des bis dahin noch weniger übersehenen Seins und Geschehens im großen Naturganzen. Wir sind also zu einer Trennung gezwungen. Steht uns da aber die Wahl frei, so geben wir hier derjenigen den Vorzug, welche sich dem natürlichen Laufe der Dinge am nächsten anschließt, und, den Nahrungsstoffen auf ihren Wegen durch den Organismus

folgend, wollen wir dreifach trennen, was die Natur untrennbar verbunden hat. Wir werden demnach zunächst die ersten Metamorphosen der Nahrungsstoffe im thierischen Organismus und diejenigen Apparate in's Auge fassen, vermittelst welcher dieselben herbeigeführt werden; wollen uns sodann im zweiten Abschnitt der Frage nach dem Wie? der Verbreitung des Nährstoffes, seinen weiteren Metamorphosen und seiner Umbildung zu integrirenden Formbestandtheilen des Organismus und zu Drüsensäften zuwenden; dem dritten Abschnitt aber endlich die Darstellung des Zerfalls der Blut- und Gewebsbestandtheile, so wie der Wege, auf denen die Produkte dieses Zerfalls aus dem Organismus entfernt werden, zuertheilen. So wird sich auch hier schließlich ein klares, übersichtliches Bild gewinnen lassen und die künstliche Trennung, falls der Versuch gelingt, die Vorstellung von dem natürlichen Zusammenhang der Erscheinungen nicht beeinträchtigen. —

Zunächst also von den ersten Metamorphosen des Nahrungsstoffes im Thierkörper und den Apparaten, welche für die Herbeiführung derselben Sorge tragen, d. h. von den Verdauungsapparaten.

Im Allgemeinen besteht die Aufgabe der Verdauungsapparate darin, die vom Thiere aufgenommenen Nahrungsstoffe chemisch sowohl, als physikalisch der Art zu verändern, daß sie zum Uebergang in die Körpermasse, oder zunächst in ein überall geschlossenes Gefäßsystem, befähigt werden. Es leisten die Verdauungsapparate des Thieres für seine Nahrungsmittel in der That dasselbe, was der Regen für die Nahrungsmittel der Pflanze, für die unorganischen sowohl, als organischen Bestandtheile des Erdbodens. Wie jener die letztern auflöst und zum Uebertritt in die Wurzelzellen der Pflanze geschickt macht, also sollen die Verdauungsapparate mit den von ihnen abgesonderten Säften die Nahrungsmittel des Thieres zum Uebertritt in die Zellen des Thierkörpers vorbereiten, und halten wir an der Parallele fest, so lassen sich auch die der Höhlung des Verdauungsapparates zugewandten und zunächst mit dem nährenden Inhalt desselben in Berührung kommenden Zellen des Thierkörpers sehr treffend den Wurzelzellen der Pflanze vergleichen. — Es werden die Nahrungsstoffe aber von dem Thiere

bald in flüssiger, bald in fester Form aufgenommen, und die Anforderungen, die von ihnen an die Verdauungsapparate gestellt werden, gestalten sich darnach sehr verschieden. Im ersteren Falle bedarf es, je nach den im Wasser gelösten Bestandtheilen, nur dieser oder jener oder auch gar keiner chemischer Metamorphosen, damit die Stoffe an ihren Bestimmungsort gelangen; im zweiten ist dagegen sowohl eine Zerkleinerung, als Auflösung, als endlich eine chemische Metamorphose der Nahrungsstoffe erforderlich, und diese werden im höher entwickelten Thiere mittelst einer längeren Reihe verschiedenartiger Apparate und im Thierkörper selbst zubereiteter Drüsensäfte herbeigeführt. Es gehören dahin die Kauapparate, die Speicheldrüsen und die von ihnen abgesonderte Speichelflüssigkeit, der Magen und der von ihm abgesonderte Magensaft, die Bauchspeicheldrüse und ihr Secret, die Leber und die von ihr gelieferte Galle, und endlich die in den Wandungen des Darmkanals selbst gelegenen Drüsen und deren Absonderungssäfte. Sehen wir, wie sich diese einzelnen Organe im Allgemeinen in der Thierreihe verhalten, und welche Eigenschaften die von den bezeichneten Drüsen gelieferten sog. Verdauungssäfte besitzen.

Was zunächst die Apparate betrifft, welche zum Ergreifen, zur Aufnahme und zur ersten Zerkleinerung der Nahrungsmittel dienen, so sind dieselben je nach der Nahrung sowohl, auf welche das Thier angewiesen ist, als nach den Eigenthümlichkeiten seines gesammten Baues äußerst verschieden gestaltet. Bald soll ein Blatt zernagt, bald eine größere Menge vegetabilischen Stoffes zermalmt, bald der Nahrungsstoff zerschnitten oder zerbrochen, bald ein andres Thier verwundet und ausgesogen werden; bald wieder fehlt dem Thiere ein festes Kopfgerüst und dennoch soll es mehr oder weniger harte Nahrungsstoffe zerkleinern, bald wieder soll sein Kopf eine verhältnißmäßig große Leichtigkeit bewahren und dennoch, ohne mit einem eigentlichen Gebiß beschwert zu sein, einen Aufnahme- und Zerkleinerungsapparat der Nahrungsmittel an sich tragen. Darnach mußten denn auch die Greif- und Kauapparate selbst in tausend verschiedene Formen gebracht werden, und sollte gleichzeitig überall dem Gesetze der Sparsamkeit in den beim Aufbau des Thierreichs anzuwendenden Mitteln entsprochen werden, so mußte damit die Mannigfaltigkeit selbst nur

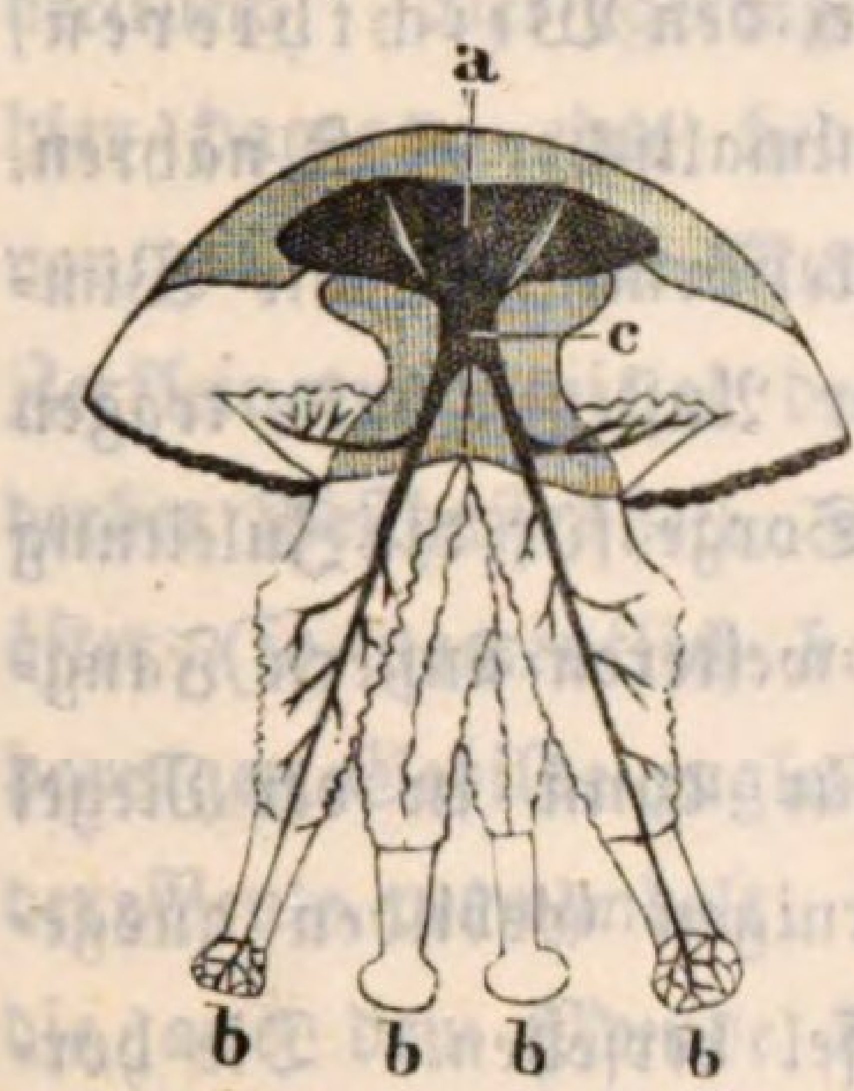
noch vermehrt werden. Schon ein flüchtiger Blick auf die Thierreihe wird uns davon einen hinreichenden Begriff verschaffen.

Wo das Thier sich, gleich der Pflanzenzelle, nur durch Einsaugung in seiner Umgebung befindlicher Stoffe ernähren sollte, bedurfte es selbstverständlich gar keines Mundes, keiner Oeffnung zur Aufnahme der Nahrung. Wir vermissen eine solche deshalb auch bei vielen niedersten, zu den Infusorien oder Protozoën gezählten Thierformen, wie z. B. den Rhizopoden, und nicht minder bei manchen Eingeweidewürmern, die an Orten und unter Verhältnissen leben, in denen sie ihren Nahrungsstoff fertig gebildet von allen Seiten zugeführt erhalten und denselben nur durch Aufsaugung in sich aufzunehmen brauchen. Die Anzahl mundloser Thiere ist aber dennoch immer nur eine unbedeutende, und wenn sich selbst bei vielen Infusorien schon durchgängig eine bald mehr nach vorn, bald mehr nach hinten gelegene Mundöffnung findet, die, von wimpernden Fäden umgeben, durch die schwingende Bewegung dieser die Nahrungsstoffe zugeführt erhält, so fehlt sie in der übrigen Thierreihe, außer bei den genannten Eingeweidewürmern nirgends mehr. —

Beginnen wir diese Reihe mit den Polypen und Scheibenquallen, so ist die Mundöffnung bei der Mehrzahl derselben in der Mitte der vordern Körperscheibe gelegen und von einer Reihe sog. Arme, die bald nahe dem Munde, bald weiter davon entfernt am Rande der Scheibe befestigt sind, umgeben (vgl. Fig. 88 u. 89). Es nähren sich diese Thiere von den kleinsten oder kleineren Bewohnern des Meeres, und um dieselben einzufangen und dem Munde zuzuführen, dienen ihnen eben die sog. Fangarme. Insonderheit bei den Scheibenquallen sind diese Arme noch mit eigenthümlichen sog. Angelorganen versehen, die aus einer kleinen, ovalen, derbhäutigen, an ihrem einen Ende zu einem Faden ausgezogenen Kapsel bestehen und zur Sicherung oder Tödtung der Beute beizutragen scheinen. In der Ruhe des Thieres liegt der bezeichnete Faden eingestülpt im Innern der Kapsel; sobald sich die letztere aber, wie z. B. in Folge von Wasseraufnahme, ausdehnt oder von außen gedrückt wird, springt der Faden hervor, dringt wie eine Nadel in die nahe liegenden Körper ein, und verwundet dieselben nicht nur, sondern leitet auch die im Innern der Kapsel ent-

haltene Flüssigkeit, die wie ein Gift zu wirken scheint, in sie über. *) Eine bemerkenswerthe Abweichung von diesen Einrichtungen zeigt sich übrigens bei den zu den Scheibenquallen gehörigen Rhizostomiden (Thiere mit wurzelförmigen Mundorganen). Diese besitzen anstatt einer centralen Mundöffnung eine Reihe von Fangarmen, die einen an dem äußern Ende mit vielen kleinen Oeffnungen versehenen Canal, der nach innen in die Leibeshöhle mündet, einschließen. Gleich Wurzeln nehmen diese Arme flüssige und vermittelst der Oeffnungen auch feinkörnige Nahrungsmittel auf, die dann durch den Canal hindurch in das Innere des Thieres gelangen (s. Fig. 163). — Bei den Stachelhäutern liegt der Mund am vordern Ende der langen Körperachse oder, wo der Körper eine Scheibenform hat, in der Mitte dieser Scheibe. Auch bei ihnen finden sich aber noch allgemein verschiedenartige Hülfsorgane, die die Stelle der Fangarme der Polypen und Quallen vertreten und für die Zuleitung der theils animalischen, theils vegetabilischen Nahrungsmittel zu der Mundhöhle Sorge tragen. So sind die Seesterne und Seeigel an der ganzen Oberfläche ihres Körpers mit kleinen Zängelchen, den sog. Pedicellarien, so die durch ihren länglich, cylindrischen Körper ausgezeichneten Holothurien mit besondern, den Mund umgebenden Tentakeln versehen. Innerhalb der Mundöffnung findet sich bei den letztern sowohl, wie bei den Seeigeln ein eigenthümlicher Kauapparat, der aus fünf einzelnen Knochenstückchen besteht und, mit den Schlundmuskeln verbunden, durch diese bewegt wird. Bei den

Fig. 163. **)



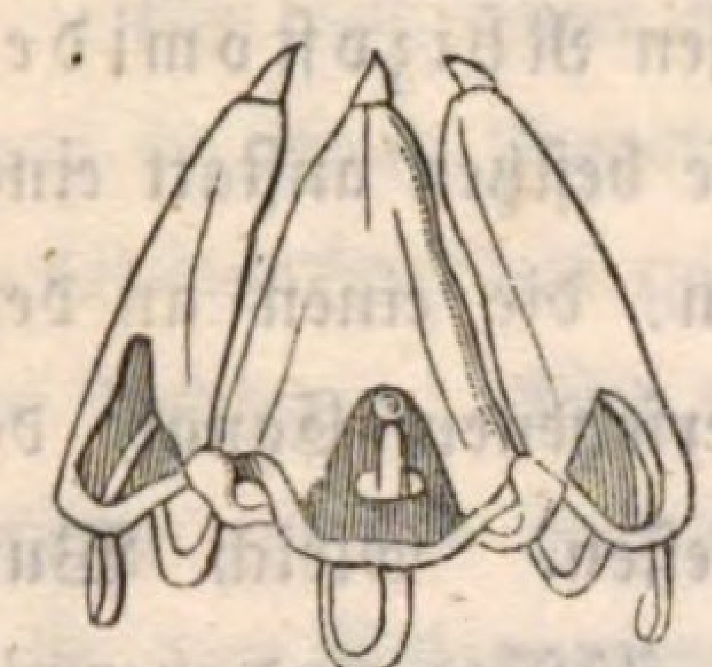
---

*) Vgl. Leuckart in Bergmann und Leuckart's vergleichender Anatomie und Physiologie. S. 130. — Auch hier, so wie in den folgenden Abschnitten, ist dieses Werk bei Darlegung vergleichend-anatomischer Data vorzugsweise vom Verfasser benutzt. —

**) Senkrechter Durchschnitt von Rhizostoma Cuvieri. (Copie aus R. Wagner's Icon. zootom. Taf. 33.) — a Magenhöhle. bb Arme mit Saugöffnungen und Sauggefäßen, die sich zur Bildung der Speiseröhre (c) vereinigen. —

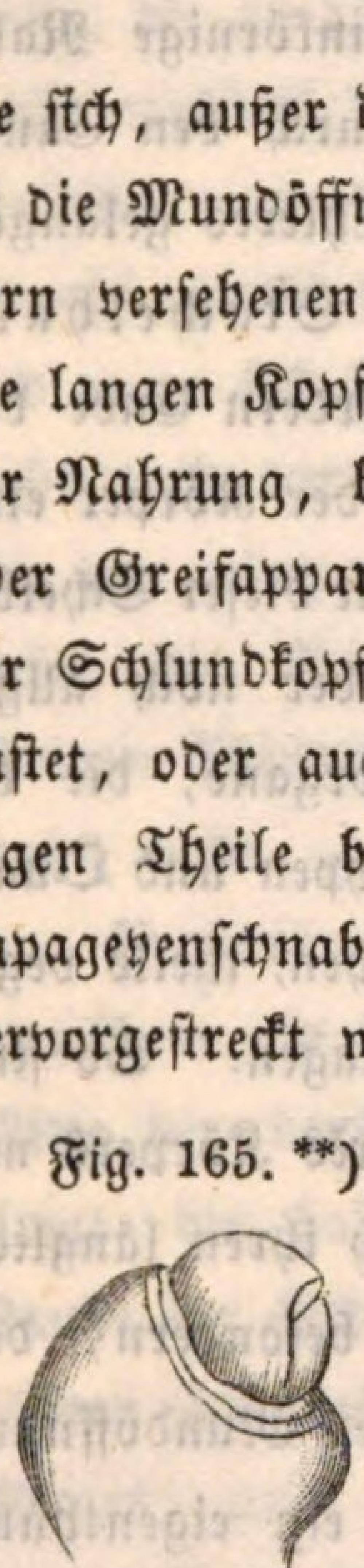
Seeigeln sind diese einzelnen Knochenstückchen sogar mit einem aus dem

Fig. 164. *)



Munde hervorragenden Schmelzzahn bewaffnet, ein Apparat, der dem vergleichenden Anatomen als „Laterne des Aristoteles" bekannt ist (Fig. 164). Bei den Seesternen findet sich keine so vollkommene Vorrichtung zum Kauen; doch springt hier das Hautskelett mit fünf harten, mitunter gezähnelten Fortsätzen in die Mundöffnung vor. Bei den Weichthieren, die sich, außer den Lungenschnecken, nur von animalischer Kost nähren, ist die Mundöffnung bald von blatt- oder tentakelförmigen, mit Wimpern versehenen Anhängen umgeben (so bei der Auster), bald tragen die langen Kopfarme, wie bei den Kopffüßlern, Sorge für die Zuleitung der Nahrung, bald aber finden sich auch keine weiteren äußern Fang- oder Greifapparate. Im letztern Falle ist dafür dann in der Regel der Schlundkopf mit verschieden geformten, hornigen Gebilden ausgerüstet, oder auch mit einem vorstreckbaren Rüssel versehen. Die hornigen Theile bestehen entweder aus kieferartigen Gebilden, die sich papageyenschnabelartig gegen einander bewegen und aus dem Munde hervorgestreckt werden können (Fig. 165), oder aus einer sog. Reib-

Fig. 165. **)



platte oder Zunge, die oft sehr beträchtlich lang, und, um die Nahrungsstoffe in den Mund hineinziehen zu können, mit zahlreichen, zierlich geordneten Leisten, Schuppen und Zähnen, deren Spitzen nach hinten gerichtet sind, versehen ist. Einige Raubschnecken verdanken diesen, unter dem Mikroscop sich so äußerst zierlich ausnehmenden Gebilden selbst die Fähigkeit, die harten Schaalen anderer Thiere anzubohren, und so in den Besitz des Inhaltes derselben zu gelangen. Den Würmern, deren Nahrung wohl durchgehends eine animalische ist, die Erde,

---

*) Kauapparat des Seeigels. (Laterne des Aristoteles.) (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 128.)

**) Kiefer des Tintenfisches. (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 124.)

Schlamm u. s. w. in sich aufnehmen und dieselben wieder aus dem Körper entfernen, nachdem die nahrhaften Bestandtheile daraus ausgezogen und aufgenommen sind, fehlen überall eigentliche Mundorgane. Bei einigen schmarotzenden Würmern kommen zwar in der Umgebung des Mundes hornige Skelettstücke, die zum Bohren dienen, vor, und bei andern festsitzenden Würmern (z. B. den Kopfkiemern) finden sich sog. Tentakeln, mit Flimmerhaaren besetzte Fangarme, die dem Munde die Nahrung zuwedeln; allein diese Organe sind von wenig großer Verbreitung. Der geringen Entwicklung des Mundes gegenüber kommt hier dagegen eine bedeutend kräftige Ausbildung des Schlundkopfes vor. Oft sind die Muskeln desselben stark entwickelt und dienen als Zerkleinerungsmittel der Nahrung; oft ist die innere Haut von sehr derber Beschaffenheit, mit Höckern, Zähnen und Leisten versehen; noch öfter (so namentlich bei vielen frei lebenden Rückenkiemern) sind diese hornigen Gebilde zugleich in Waffen zum Angriff und zum Festhalten der Beute verwandelt, in Zähne, Spieße oder wirklich paarige Kiefer, die aus dem Munde hervorgestreckt werden können. So finden sich z. B. bei dem Blutegel im Schlunde drei hornige neben einander stehende Platten, die hervorgestreckt mit ihrem freien gezähnelten Rande zum Zernagen der äußern Bedeckungen eines Thieres dienen. Bei den Hautkiemern und Turbellarien (Strudelwürmern) findet sich ebenfalls ein Greifapparat, der aber hier die Gestalt eines Rüssels hat. Es liegt dieser, wie eine Zunge, im Innern der Schlundkopfhöhle und stellt ein einfaches cylindrisches Rohr dar, dessen Lumen mit dem des Darmcanals unmittelbar communicirt; bei den zu den Strudelwürmern gehörigen Nemertinen trägt der Rüssel im Innern außerdem nicht selten eine aus Hornspießen bestehende Bewaffnung. —

Es bedarf kaum der Bemerkung, daß all diese verschiedenen Apparate nicht nur der für das Thier bestimmten Nahrung und seinem übrigen Körperbau entsprechend geformt sind, sondern auch die gesammte Lebensweise des Thieres für die Wahl dieser oder jener Einrichtungen entscheidend war. So finden sich überall da, wo das Thier der Augen entbehrt, oder in Folge seiner festsitzenden Lebensweise oder langsamen Körperbewegung die Nahrungsmittel nur selten mit dem Munde selbst erfassen kann, jene Hülfsapparate in der Form von Wimpern, Tentakeln

oder Fangarmen, die dem Munde die erforderliche Nahrung zuzuführen bestimmt sind; und wo das Thier stets unmittelbar von reichlichen Mengen nährender Stoffe umgeben lebt, da fehlen diese Apparate, denn auch ohne sie kann eine hinreichende Menge von Nahrung von den Mundtheilen ergriffen und aufgenommen werden. Ganz dem entsprechend vermissen wir jene Hülfsapparate denn auch bei den Gliederthieren, die, der Mehrzahl nach mit scharfem Sehvermögen ausgerüstet, sich rasch auch in die Nähe der erspäheten Beute zu begeben vermögen, um dieselbe dann mittelst ihrer Tastorgane zu prüfen und, falls sie ihnen zusagt, mit Hülfe besonderer Greifapparate dem Munde zuzuführen. Es treten uns hier die Mundtheile zuerst als wahre Kopfgliedmaaßen entgegen, und zwar begegnen wir in der Regel einer Reihe von vier Gliedern, die der Oberlippe, dem Oberkiefer, dem Unterkiefer und der Unterlippe der Wirbelthiere entsprechen (Fig. 166, 167, 168).

Fig. 166.*)

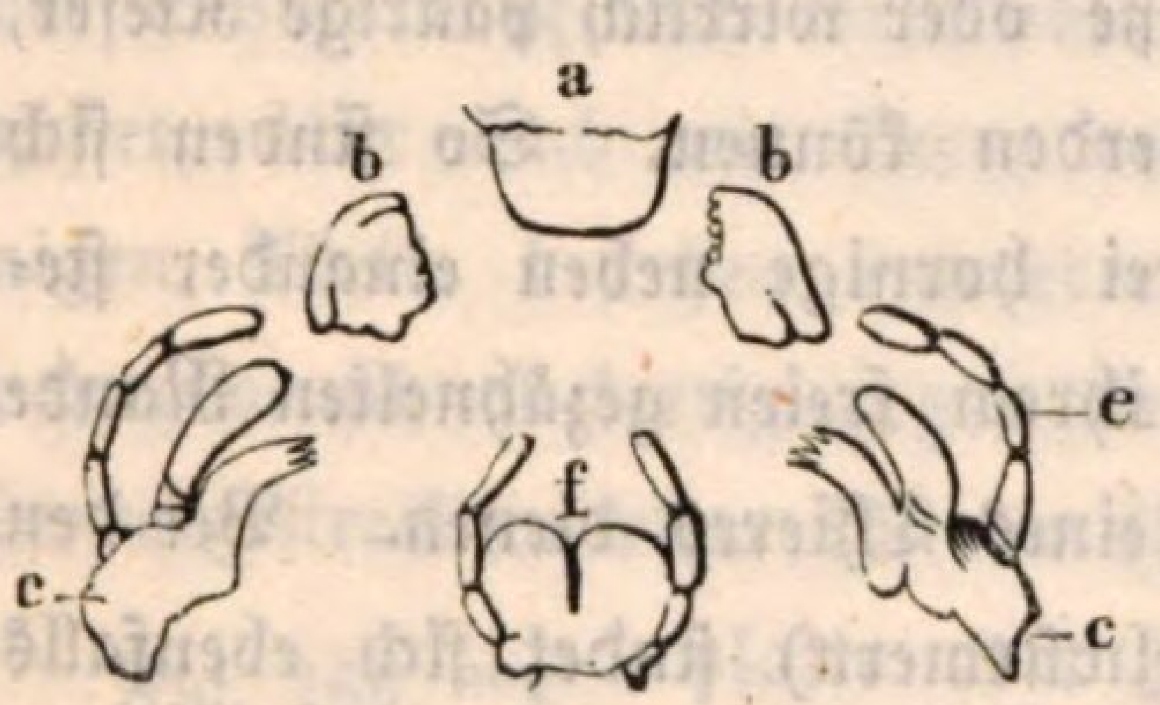


Fig. 167.**)

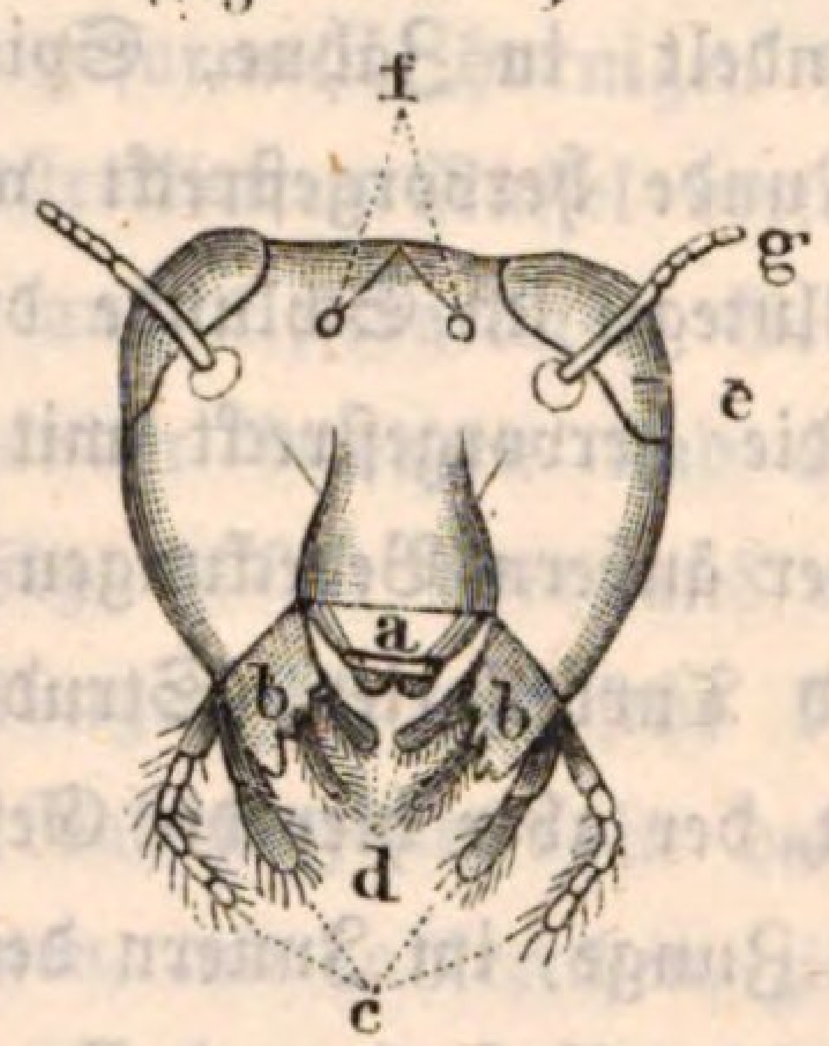
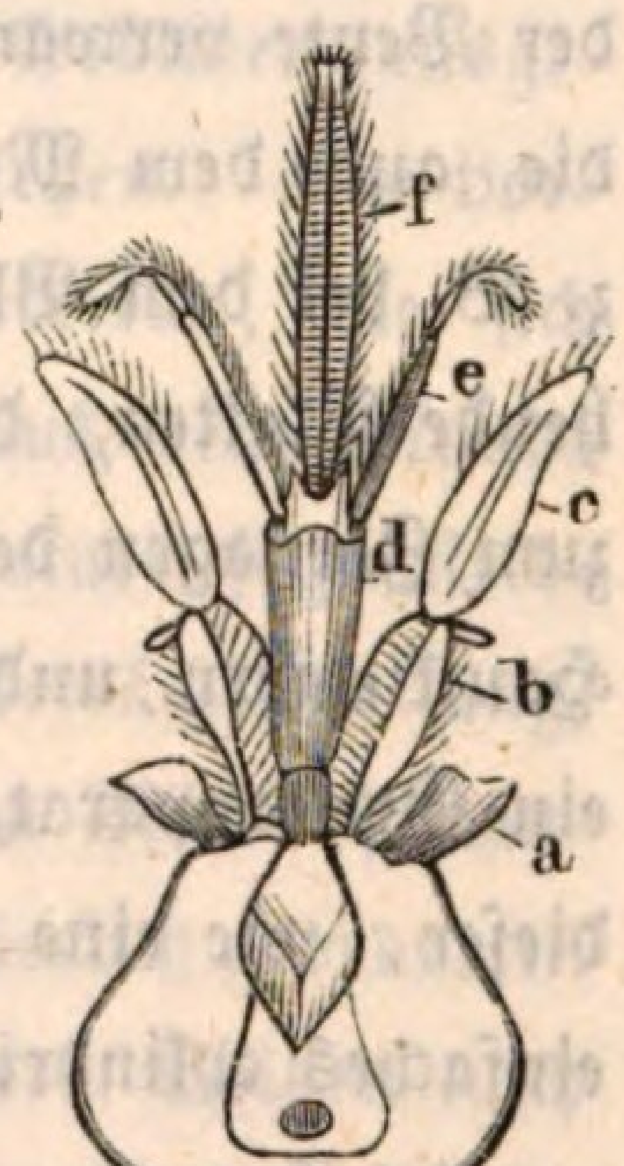


Fig. 168.***)



*) Die auseinandergelegten Mundtheile eines Heimchens. a Oberlippe. b Oberkiefer. c Unterkiefer mit Palpen (e). f Unterlippe, ebenfalls mit Palpen. (Nach Milne-Edwards a. a. O. S. 457.)

**) Mundtheile eines Käfers. a Oberlippe. b b Oberkiefer. c Unterkiefer. d Unterlippe. — e Zusammengesetzte Augen. f einfache Augen. g Antennen. (Milne-Edwards a. a. O. S. 428.)

***) Mundwerkzeuge der Honigbiene (von unten gesehen). a Oberkiefer. b Unterkiefer mit lancettförmiger Lade c. d Hinterer, auf einem Kinn aufsitzender Theil der Unterlippe, der vorn die cylinderförmige Zunge (f) und zu den Seiten zwei lange Taster trägt. (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 98.)

Je nach den verschiedenen Nahrungsverhältnissen und Leistungen der Sinnesapparate sind dieselben dann auf das Verschiedenste gestaltet und in ihrer Function werden sie nicht selten noch durch die eigenthümlich gestalteten der Mundöffnung nahe gelegenen vorderen Extremitäten, als Beikiefern, so wie von den mit den Kiefern oder der Unterlippe verbundenen Tastern oder Palpen unterstützt. Das erste der vier Glieder, welches der Oberlippe entspricht, ist immer unpaarig; die Oberkiefer (mandibulae) und Unterkiefer (maxillae) dagegen immer paarig; das vierte, die Unterlippe repräsentirende Glied ist bald paarig, bald unpaarig; seinen hintern Theil, auf dem häufig, wie z. B. bei der Honigbiene, eine Zunge befestigt ist, nennt man das Kinn. Schon das bloße Auge genügt in vielen Fällen, um die Gestaltung dieser Apparate zu erkennen; von der Feinheit des Baues derselben bei den kleinern Gliederthieren verschafft aber ein Blick durch das Mikroscop leicht ein treffliches Bild. — Die Nahrung der Gliederthiere ist sehr verschieden. Krebse, Spinnen u. a. nähren sich fast nur von animalischer Kost; sie bedürfen besonders gestalteter Organe, um dieselbe zu ergreifen, um zu tödten oder zu saugen; andere, wie die Schmetterlinge, die Heuschrecken u. s. w. sind nur auf vegetabilische Kost angewiesen; sie bedurften anders gestalteter, sägeförmig oder schabend und kauend wirkender Freßwerkzeuge. Schon aus den verschiedenen Zwecken, zu denen sie dienen sollen, läßt sich die große Mannigfaltigkeit der Formation dieser Organe begreifen. Doch es würde uns hier zu weit führen, wollten wir auf eine nähere Schilderung derselben eingehen; wie überhaupt in Bezug auf vergleichend-anatomische Verhältnisse, so sei auch hier auf die trefflichen, auch dem Laien zum größten Theil verständlichen Darstellungen verwiesen, welche uns Bergmann und Leuckart in ihrer „vergleichenden Anatomie und Physiologie" gegeben haben.

Es bleiben uns noch die Greif- und Kauapparate der Wirbelthiere übrig. Auch hier wieder begegnen wir je nach Art der Nahrung, nach Lebensverhältnissen und allgemeinem Körperbau einer unendlichen Mannigfaltigkeit von Bildungen. Zwar findet sich darin eine allgemeine Uebereinstimmung, daß alle Wirbelthiere eine von Ober- und Unterkiefern umgebene Mundhöhle besitzen, allein in Bezug auf ihre Bewaffnung durch Zähne, ihre Beweglichkeit, ihre Form u. s. w.

sind die Verschiedenheiten dennoch sehr auffallend und mannigfach. Bekanntlich haben nicht alle Wirbelthiere Zähne. So entbehren unter den Fischen z. B. die Störe, unter den Amphibien die zungenlosen Frösche, durchaus der harten Mundtheile. Auch unter den Säugethieren sind einige als zahnlos bekannt, wie u. a. der Ameisenbär (Fig. 169) und das Schuppenthier. Andere Wirbelthiere sind statt mit Knochenzähnen mit Hornzähnen oder anderweitigen hornigen Gebilden ausgestattet, dahin gehört z. B. unter den Säugethieren das durch seine breiten schnabelartigen hornigen Kieferplatten ausgezeichnete Schnabelthier. Insonderheit aber sind hierher die Vögel und unter den Reptilien die Schildkröten zu rechnen, deren Kiefer nicht mit Zähnen versehen, sondern mit Hornscheiden überzogen sind und je nach der Nahrung des Thieres bald scharfe, bald stumpfe Kanten, bald zahnartige Fortsätze, bald seichte Einkerbungen besitzen. Bei den Walfischen wieder besteht die Mundbewaffnung in den von dem Gaumen herabhängenden sog. Barten, hornigen Platten, die an ihrem freien Ende gefranzt sind, und in Folge davon gleich einem Seiheapparate die kleineren, zur Nahrung dienenden Thiere aus dem Meerwasser ausscheiden und festhalten (Fig. 170). — Wo sich dagegen wirkliche mit Schmelz überzogene Knochenzähne finden, da zeigen diese selbst wieder in Form und Größe vielfache und für die einzelnen Thierclassen so charakteristische Verschiedenheiten, daß nach einem einzelnen Zahn oft sein früherer Träger bestimmt werden kann. Dort sollen die Zähne dem Raubthiere zum scharfen Biß, zum Zerreißen und Zermalmen der Beute dienen, und welch mächtige Waffen in dieser Beziehung die Eck- oder Reißzähne, so wie die Höcker- oder

Fig. 169. *)

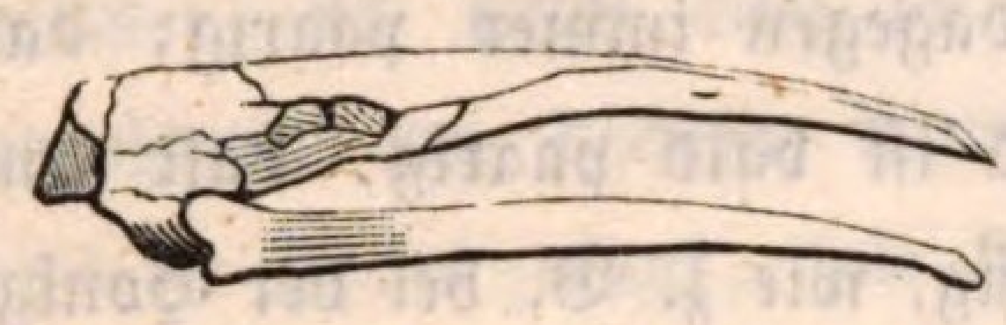
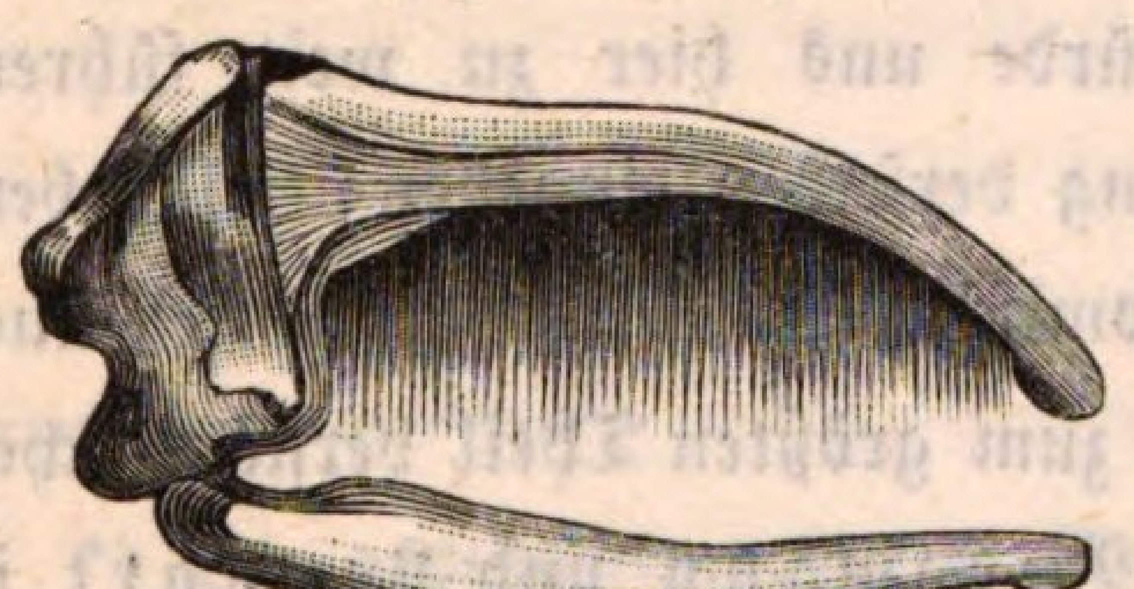


Fig. 170. **)



*) Zahnloser Schädel des Ameisenbären. (Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 64.)

**) Walfischschädel. (Bergmann und Leuckart a. a O. S. 65.)

Mahlzähne der Fleischfresser bilden, ist Jedem bekannt (Fig. 171). Dort wieder sollen die Zähne, wie bei den Wiederkäuern, zum Abraufen von Halm und Blatt und zum Zermalmen und Zerreiben des Abgerauften benutzt werden; vergebens suchen wir hier nach jenen großen Eck- und Reißzähnen; ein schneidezahnloser Oberkiefer, ein mit Schneidezähnen versehener Unterkiefer und breitflächige, mit ihren Zacken ineinander greifende Mahlzähne treten uns dagegen entgegen. Bald wieder

Fig. 171.*)

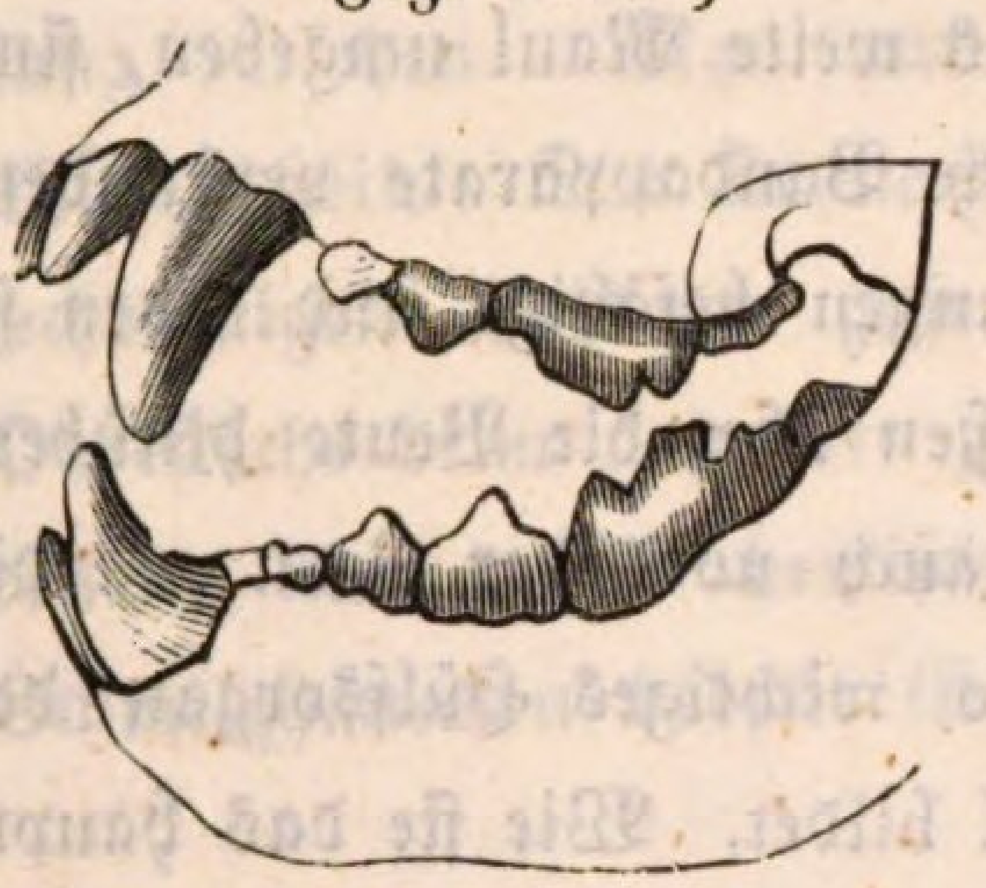


Fig. 172.**)



sollen auch härtliche Substanzen zernagt werden, und anders wieder sind deshalb die Zähne bei den Nagern, deren Nagezähne insonderheit durch ihre langen, nach hinten zu im Kiefer verlaufenden Wurzeln ausgezeichnet sind, gestaltet (Fig. 172). Eine wieder andere Form findet sich bei der Mehrzahl der fleischfressenden Reptilien und Fische; hier sollen die Zähne mehr zum Erfassen und Festhalten der Beute dienen, als zum Kauen, und ganz dem entsprechend besitzen sie meistens eine pfriemen- oder nadelförmige oder gezackte Form. Besonders eigenthümlich sind noch die Giftzähne der Schlangen. Der ganzen Länge nach sind sie von einem Canale durchbohrt, und in diesen hinein und aus ihm hervor tritt die in eigenen Drüsen bereitete giftige Flüssigkeit. Aber nicht nur die Zähne, auch die Bewegungsapparate der Kiefer und die Kiefer selbst sind sehr verschiedenartig geformt und entwickelt. Der Biß des Raubthieres wird durch die kräf-

---

*) Zähne eines Fleischfressers. (Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 62.)

**) Unterkiefer eines Nagethieres. (Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 66.)

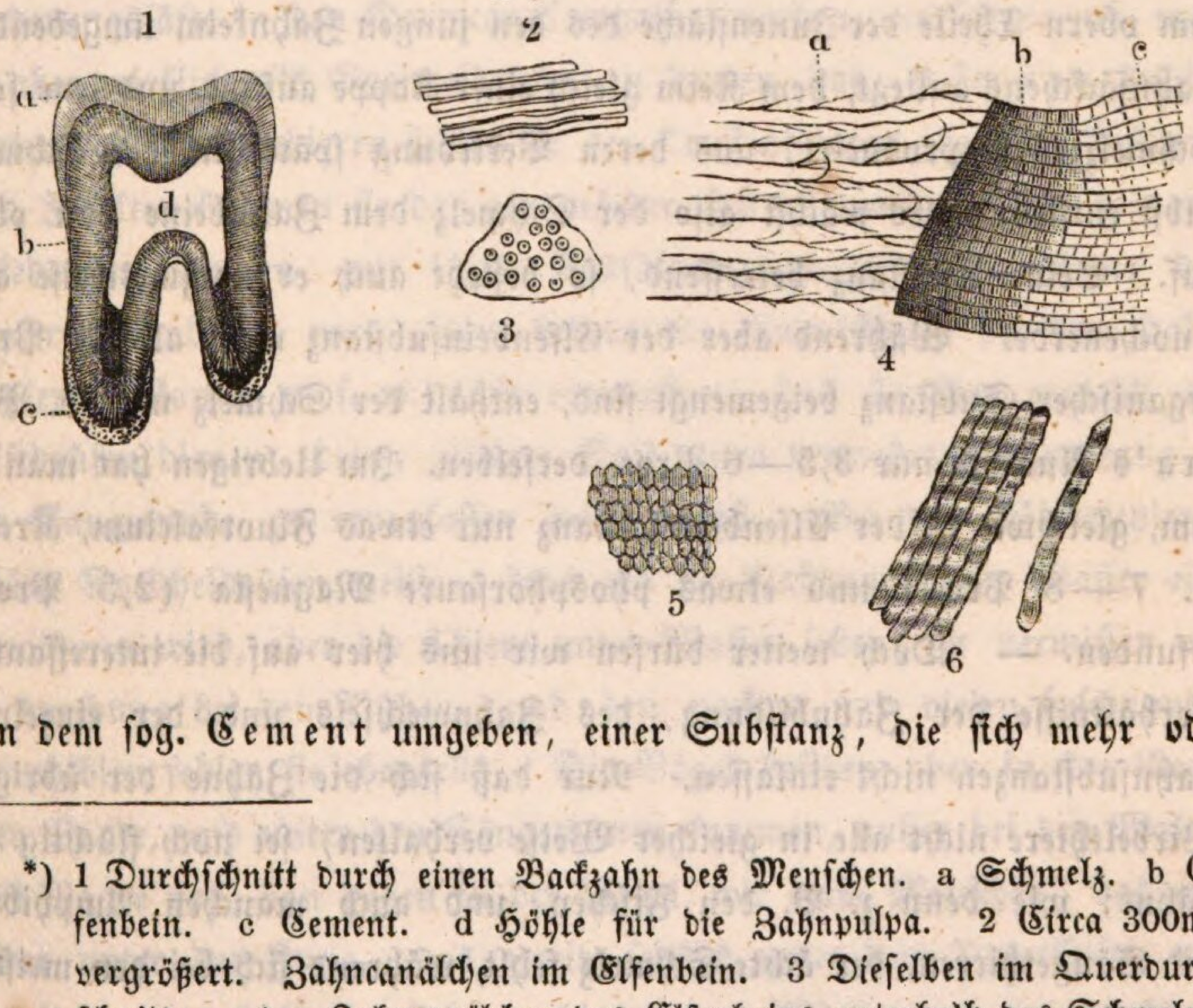
tige Entwicklung seiner Kaumuskeln, die Kürze seiner Kiefer, die Beweglichkeit derselben in nur einer Richtung unterstützt; das Zermahlen der Nahrungsmittel bei den Wiederkäuern erforderte dagegen auch eine Bewegung der untern Kinnlade in der Querrichtung, wie sie durch die flachen Kiefergelenkflächen derselben ermöglicht ist; bei den Schlangen wieder finden sich ganz besondere Vorrichtungen. Bei diesen mit so geringer Bewegungsfähigkeit begabten Thieren sollte die Möglichkeit gegeben werden, möglichst große Massen von Nahrungsmitteln auf einmal zu verschlingen. Die beiden Kiefer, welche das weite Maul umgeben, sind deshalb vorn und in der Mitte nur durch Bandapparate verbunden, dadurch zu seitlichen und isolirten Bewegungen befähigt und setzen so das Thier in den Stand, sich gewissermaaßen über die Beute hinüberzuziehen. — Erwähnen wir hier endlich auch noch der Zunge, die für die Mehrzahl der Wirbelthiere ein so wichtiges Hülfsorgan der Kau- und Greifapparate der Nahrungsmittel bildet. Wie sie das hauptsächlich den Geschmack vermittelnde Organ ist, wie sie durch ihr feines Tastgefühl Schutz gegen die Aufnahme schädlicher oder fremdartiger Substanzen darbietet, wurde schon früher erwähnt. Aber vermöge ihrer Bewegungsfähigkeit und Muskelkraft dient sie zugleich zur Bildung und Fortbewegung des Bissens, zum Zerdrücken mancher Nahrungsmittel, zur Aufnahme der Nahrung, zum Saugen, ja selbst zum Einfangen der Nahrungsmittel, wie z. B. beim Ameisenbär und einigen Amphibien. Rasch wird sie von den letztern, wie namentlich vom Chamäleon, hervorgeworfen, um der sich darbietenden Beute habhaft zu werden und diese dem Munde zuzuführen. Bei einigen Fischen hat die Zunge noch eine weitere Bedeutung. Sie ist hier mit Zähnen besetzt und wird damit zum Werkzeuge des Angriffs und der Verwundung. Bei den meisten Fischen und einigen Reptilien vermissen wir sie dagegen ganz.

Wir erwähnten der mannigfach verschiedenen Zahnformen bei den verschiedenen Wirbelthieren. Woraus aber besteht ein Zahn? Wie ist er gebaut? Was ist jener Schmelz, der jahrelang täglichen Angriffen ausgesetzt, doch unverändert seinen Glanz bewahrt? Lassen wir nicht unberücksichtigt, was uns auch in dieser Beziehung das Mikroscop, und insonderheit wieder die trefflichen Forschungen Kölliker's er-

geben haben. Doch nur in aller Kürze einige Worte über den Zahn des Menschen.

Die Hauptmasse des menschlichen Zahnes besteht aus der sog. Zahnbein- oder Elfenbeinsubstanz. Es ist diese Substanz vorzugsweise aus phosphorsaurem Kalk und circa 25 Proc. organischem, leimgebendem Stoff zusammengesetzt, schichtenartig zusammengefügt, von einer zahllosen Menge zartester, geschlängelter und mannigfach verzweigter Canälchen durchzogen und im Innern mit einer größeren Höhlung versehen. Man unterscheidet an ihr einen Kronen- und einen Wurzeltheil. Der Kronentheil ist aber überall von dem aus meistens sechsseitigen Prismen zusammengesetzten Schmelz überzogen, dessen Oberfläche beim gesunden Zahn wieder von dem fest mit ihr verbundenen, nur durch chemische Hülfsmittel, wie Salzsäure, ablösbaren Schmelzhäutchen bedeckt ist (Fig. 173). Der Wurzeltheil ist dagegen

Fig. 173. *)



von dem sog. Cement umgeben, einer Substanz, die sich mehr oder

*) 1 Durchschnitt durch einen Backzahn des Menschen. a Schmelz. b Elfenbein. c Cement. d Höhle für die Zahnpulpa. 2 Circa 300mal vergrößert. Zahncanälchen im Elfenbein. 3 Dieselben im Querdurchschnitt. — 4 a Zahncanälchen des Elfenbeins unterhalb des Schmelzes, b deren Fortsetzung in den Schmelz hinein. c Schmelzfasern. — 5 Schmelzfasern im Querdurchschnitt. 6 Isolirte Schmelzfasern der Länge nach. (Sämmtliche Zeichnungen nach Kölliker: Mikroscop. Anatom.)

weniger gleich der Knochensubstanz anderer Knochen verhält, stark verzweigte Knochenhöhlen und (freilich nicht überall) auch die bekannten Haversi'schen Canäle zur Aufnahme von Blutgefäßen besitzt, und in fast unmittelbarer Verbindung mit der Knochenhaut (Periost) der Zahnhöhle steht, von welcher aus die Blutgefäße und Nerven in den Zahn eindringen. Der Träger dieser Blutgefäße und Nerven ist der aus einem zarten weichen Gewebe bestehende Zahnkeim oder die Zahnpulpa. Es erhebt sich diese vom Grunde der Zahnhöhle aus, dringt durch die Wurzeln in die innere, von der Elfenbeinsubstanz umgebene Höhlung des Zahnes ein, füllt dieselbe aus, und trägt dort nun sowohl für die Entwicklung und Verdickung der Elfenbeinsubstanz durch Neubildung von Zellen Sorge, als sie andrerseits auch das eigenthümliche Empfindungsvermögen der Zähne vermittelt. Der Schmelz bildet sich jedoch nicht von ihr aus. Er entwickelt sich vielmehr schon frühzeitig aus einem besondern, schwammigen Gebilde, dem sog. Schmelzorgan, welches dem obern Theile der Innenfläche des den jungen Zahnkeim umgebenden Zahnsäckchens anliegt, dem Keim gleich einer Kappe aufsitzt, und jene sog. Schmelzzellen producirt, aus deren Verirdung späterhin der Schmelz selbst entsteht. Es wächst also der Schmelz dem Zahnbeine von oben auf. Seine Substanz betreffend, so besteht auch er vorzugsweise aus Knochenerde. Während aber der Elfenbeinsubstanz mehr als 20 Proc. organischer Substanz beigemengt sind, enthält der Schmelz nach v. Bibra's Analyse nur 3,5—6 Proc. derselben. Im Uebrigen hat man in ihm, gleichwie in der Elfenbeinsubstanz nur etwas Fluorcalcium, Kreide (c. 7—8 Proc.) und etwas phosphorsaure Magnesia (2,5 Proc.) gefunden. — Doch weiter dürfen wir uns hier auf die interessanten Verhältnisse der Zahnbildung, des Zahnwechsels und der einzelnen Zahnsubstanzen nicht einlassen. Nur daß sich die Zähne der übrigen Wirbelthiere nicht alle in gleicher Weise verhalten, sei noch flüchtig erwähnt; wie denn z. B. den Fischen, und auch manchen Amphibien und Säugethieren, der ächte Schmelz fehlt, während sich bei den meisten Säugethieren, wie auch bei den Eidechsen unter den Amphibien ähnliche Verhältnisse finden, wie beim Menschen. —

So also werden die Nahrungsmittel mittelst der mannigfaltig gestalteten Greif- und Kauwerkzeuge der Thiere aufgenommen und zer-

kleinert. Allein während derselben Zeit, wo sie diese Zerkleinerung erfahren, geht schon eine zweite Veränderung mit ihnen vor, und zwar ist es die Einspeichelung, welche nicht nur für ihre theilweise Auflösung, sondern in auffallender Weise auch für ihre erste und theilweise chemische Metamorphose Sorge trägt. Es wird die Mundflüssigkeit, welche wir Speichel nennen, einerseits von größern, besondern Organen, den zur Seite des Schlundes oder der Zunge gelegenen, sog. Mundspeicheldrüsen, zum Theil aber auch von den überall in die Mundschleimhaut eingebetteten traubigen Schleimdrüschen abgesondert, und fast bei allen Thieren, von denen die Nahrung zerkaut und nach der Käuung verschluckt wird, finden sich diese Drüsen vor. Den kopflosen Weichthieren fehlen sie; bei den Schnecken und Kopffüßlern treten sie dagegen durchweg als zur Seite der Speiseröhre liegende Gebilde auf. Bei den Würmern ist der Speise- und Darmkanal allerdings mit verschiedenartig gestalteten drüsigen Anhängen, deren Absonderungssäfte in den Darmcanal ergossen werden, versehen; ob man sie aber wirklich als Speicheldrüsen zu deuten hat, steht noch dahin. Unter den Gliederthieren fehlen sie den Krustenthieren; bei den Spinnen und Insekten kommen sie dagegen wieder fast allgemein und in den verschiedensten Formen, mit ihren Ausführungsgängen dicht hinter den Kiefern mündend, vor. Ihre bedeutende Entwicklung bei den Halbflüglern (Wanzen u. s. w.) läßt vermuthen, daß sie hier zugleich als Giftdrüsen dienen, deren giftiger Saft einen vermehrten Blutdrang zu der Saugwunde zu veranlassen bestimmt ist. Bei den Wirbelthieren fehlen Speicheldrüsen meistens dort, wo die Nahrung unter Wasser eingenommen wird, oder die Thiere unter Wasser leben; so vermissen wir sie durchweg bei den Fischen, und den nackten und vielen beschuppten Amphibien fehlen sie ebenfalls. Die Vögel besitzen aber in der Regel vier Paare, und unter den Säugethieren kommen, außer bei den Walen, drei Paare vor, von denen in der Regel, wie beim Menschen, das eine Paar unter der Zunge, das zweite seitlich unter dem Unterkiefer, und das dritte unterhalb des Ohres, hinter dem Winkel der untern Kinnlade, gelegen ist. — Der Speichel hat nun, wie angedeutet, insonderheit die Aufgabe, die eingeführte Nahrung einzuweichen und aufzulösen, und den Bissen für das Hinabgleiten in die Speiseröhre schlüpfrig

zu machen. Zu diesem Zweck bildet er eine sehr wasserreiche (97—99,5 Proc. Wasser haltige) Flüssigkeit, und wenn wir eben erwähnten, daß den unter Wasser fressenden und lebenden Thieren die Speicheldrüsen fast allgemein fehlen, so erklärt es sich jetzt leicht, weshalb sie derselben nicht bedurften. Ueber die täglich abgesonderte Menge dieses Wassers weiß man aus leicht begreiflichen Gründen nur bei wenigen Thieren etwas Genaueres. Aus den bisher insonderheit bei Hunden angestellten Untersuchungen ergiebt sich aber, daß sie, bei Säugethieren wenigstens, sehr beträchtlich ist, und bei einem Menschen von etwa 130 Pfund Körpergewicht muß sie sich nach Bidder's mäßiger Berechnung täglich auf wenigstens 3 Pfund belaufen. Doch die Aufgabe des Speichels ist damit nicht erschöpft. Seiner physikalischen Bedeutung steht eine sehr wesentliche chemische zur Seite, und diese beruht auf der eigenthümlichen Einwirkung, die er auf einen sehr wesentlichen Bestandtheil der Nahrungsmittel, auf das Stärkmehl, ausübt. In Berührung mit dem Speichel wird das Stärkmehl augenblicklich in Traubenzucker verwandelt, und daß diese Metamorphose für die weiteren Schicksale des Stärkmehls von nicht geringer Bedeutung ist, unterliegt kaum einem Zweifel. — Daß es sich hier um eine ähnliche chemische Umwandlung handelt, wie wir sie bei den Gährungsvorgängen eintreten sehen und bereits früher (Bd. I. S. 44) geschildert haben, liegt außer Frage. Wenn wir aber wissen, daß diese Vorgänge immer durch die Gegenwart gewisser stickstoffhaltiger Stoffe, sog. Fermente, bei geeigneter Temperatur u. s. w. bedingt werden, wenn wir ferner wissen, daß der Speichel in seinem Wasser auch stickstoffhaltige Substanzen, unter denen, außer dem Schleim und den abgestoßenen Epithelialzellen der Mundschleimhaut, insonderheit der sog. Speichelstoff (Ptyalin) zu nennen ist, so dürfen wir kaum anstehen, in diesen Substanzen auch hier das auf das Stärkmehl so intensiv wirkende Ferment zu erblicken. Es spielen chemische Metamorphosen dieser Art bei der Verdauung sowohl, als den spätern Veränderungen der Nahrungsmittel im Thierkörper eine sehr bedeutende Rolle, und wie wichtig die genaue Kenntniß der dabei in Frage stehenden, von der Chemie näher zu erörternden Verhältnisse ist, wird uns hier nur zu klar. Außer dem Wasser und den bezeichneten stickstoffhaltigen Substanzen enthält der Speichel endlich noch eine

geringe Menge von Salzen, von denen wir als die wesentlichsten das Chlorkalium, Chlornatrium, das phosphorsaure Natron und das sonst nirgends im Körper gefundene und deshalb so bemerkenswerthe Rhodankalium (Schwefelcyankalium) *) erwähnen wollen. Die Leistung dieser unorganischen Bestandtheile weiß man noch nicht zu veranschlagen. Sicher darf dieselbe aber nicht, wie es meistens geschieht, gänzlich übersehen werden, denn es ist kaum die Vermuthung zurückzudrängen, daß, falls diesen oder jenen Nahrungsstoffen diese oder jene für die Verwendung derselben zur Gewebsbildung so wesentlichen unorganischen Bestandtheile gänzlich oder zum Theil fehlen, der Speichel mit seinem Vorrath an ihnen hülfreiche Hand leistet, und in Betreff des Rhodankalium ist es nicht ganz unwahrscheinlich, daß es eine besondere Bedeutung für den Eisengehalt der Nahrungsmittel besitzt, eine Bedeutung, über welche wir uns zur Zeit jedoch jeder weiterer Vermuthungen enthalten müssen.

Die Nahrungsmittel sind jetzt zerkleinert, eingeweicht, zum Theil chemisch verändert. Um weitere Metamorphosen zu erfahren, um weiter aufgelöst und chemisch der Art verändert zu werden, daß sie als nährender Saft von den Zellen des Thierkörpers aufgenommen oder überhaupt zu seiner Ernährung verwandt werden können, werden sie nunmehr mit Hülfe muskulöser Apparate in das Darmrohr weiter befördert. Welche Mannigfaltigkeit im Bau der einzelnen Abschnitte dieses Rohres tritt uns aber auch hier wieder entgegen! Dort, dem Mangel einer Mundöffnung entsprechend, gar kein Darmkanal, dort ein Canal, der als offenes Rohr in die Leibeshöhle hineinragt, dort eine kaum angedeutete Erweiterung des Darmrohres zu einem Magen, dort wieder ein vier- oder zweigetheilter, die Versäumnisse der Kauapparate nachholender Magen. Entwerfen wir uns zunächst auch von diesen verschiedenartigen Vorrichtungen bei den verschiedenen Thierclassen ein flüchtiges Bild.

---

*) Das Schwefelcyankalium besteht aus Schwefel, Cyan, d. i. eine Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff, die in Verbindung mit Wasserstoff die bekannte Cyanwasserstoff- oder Blausäure bildet, und aus Kalium. —

Vor noch nicht langer Zeit war man, gestützt auf die unerreichten Forschungen Ehrenberg's, der Ansicht, daß alle Thiere und auch die niedersten Infusorien, mit einem gesonderten Verdauungsapparate, mit den Darmcanal höherer Thiere vertretenden sog. Magenblasen versehen seien. Gab man diesen Thieren gefärbte Nahrung, so fand man dieselbe später in rundlichen Haufen innerhalb der Leibeshöhle wieder, und was man im nüchternen Thiere als blasige Höhlung zu erkennen glaubte, erhielt damit die Bedeutung eines Magens. Allein mehr und mehr ist man von dieser Ansicht zurückgekommen. Man ist zu der Ueberzeugung gelangt, daß, was Ehrenberg bei vielen dieser Thiere für „Magenblasen" ansah, keine von besondern Wänden umgebene Blasen seien, sondern vielmehr Hohlräume in der Körpersubstanz oder auch nach Einnahme der Nahrung um kleinere Massen derselben sich bildende Säckchen, die aber mit den Massen selbst wieder verschwinden. Von andern niedersten Thieren, den unbeschaalten Rhizopoden, weiß man wieder, daß sie andere Thierchen, namentlich kleinere Infusorien, in ihre zäh-schleimige Körpersubstanz gleichsam hineinziehen, die zur eigenen Ernährung verwendbaren Bestandtheile derselben sich aneignen, und das Unbrauchbare später wieder ausscheiden. Doch die Zahl dieser jeder Anlage eines Darmcanals entbehrenden Thiere ist immer nur gering, und selbst wieder von vielen Infusorien, bei denen sich auch eine Mundöffnung findet, ist es bekannt, daß sie ein zartes, dünnes Darmrohr besitzen. Es durchzieht dieses dann aber den Körper nicht, wie bei den höhern Thieren, in der Form eines geschlossenen Rohres, es ragt vielmehr offen in die Leibeshöhle hinein, überliefert derselben die genossenen Nahrungsmittel, und ist andrerseits zur Entfernung der unbrauchbaren Reste aus dem Körper behülflich. Ganz ähnlich verhält es sich bei vielen Polypen und Quallen. Ein kurzes sog. Magenrohr führt auch bei diesen vom Munde aus in die Leibeshöhle hinein, um ihr die Nahrung zu überliefern. Bei andern fehlt dagegen auch das Darmrohr, und die Speisen gelangen direct vom Munde aus in die Leibeshöhle. Diese selbst erlangt bei den hierhergehörigen Thierformen aber meistens schon einen höhern Grad der Entwicklung, indem ihre innere Wand mit zur Bewegung des Nahrungssaftes dienenden Flimmern besetzt ist, oder, wie bei den höhern Formen (z. B. Actinia) durch

Scheidewände in einzelne, bald sackförmig, bald auch gefäßartig ausgezogene Abtheilungen geschieden ist. Bei den zu Polypenstöcken vereinigten Polypen dringt die Nahrung von einem Thiere in die Leibeshöhle des andern, alle Thiere stehen unter sich in Communication, und, wie schon früher erwähnt wurde, was das eine Thier genießt, kommt den übrigen mit zu Gute.

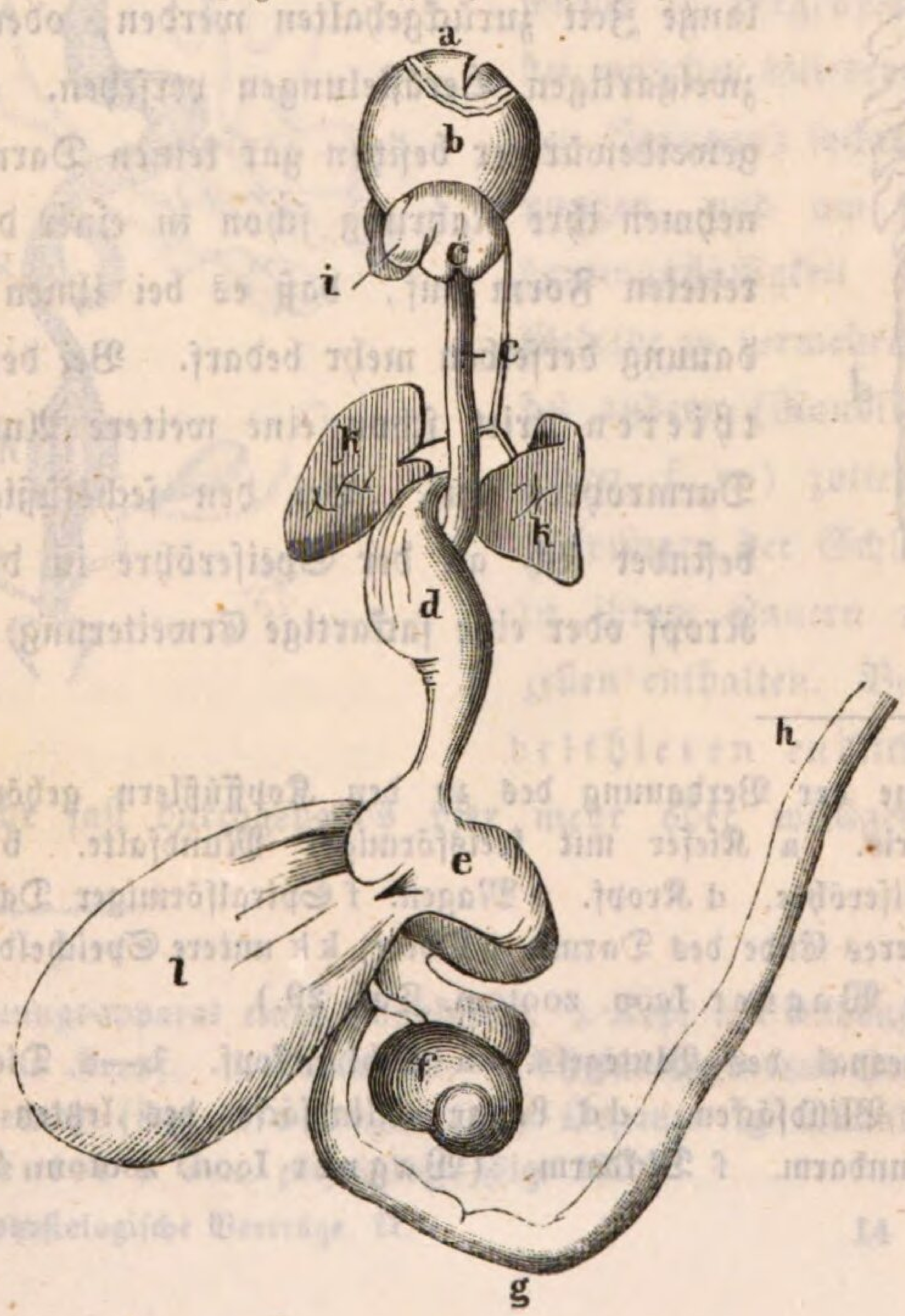
Weiter in der Thierreihe hinauf sondert sich der Verdauungsapparat mehr und mehr als eine abgeschlossene Höhle von den übrigen Organen und insonderheit von den Circulationsapparaten ab. Jener behält dann die Bestimmung, die Nahrungsmittel vorzubereiten, zur Ernährung des Körpers geschickt zu machen, dieser dagegen ist bestimmt, den vorbereiteten und verflüssigten Stoff, direct oder mit Hülfe der den Darmcanal innen auskleidenden Zellen, nach endosmotischen Gesetzen aufzusaugen, und nun in alle Theile des Organismus zu verbreiten. Es lassen sich dabei in der größern Mehrzahl der Fälle drei abgesonderte Abschnitte des Darmrohres unterscheiden: die Speiseröhre, der Magen und der eigentliche Darmkanal, und fragen wir nach dem Bau der Wandungen derselben, so verhält es sich auch damit mehr oder weniger überall in gleicher Weise. Eine glatte, aus zartem Gewebe bestehende, sog. seröse Haut, die sich bei den Wirbelthieren und einigen Strahlthieren meistens band- oder flächenartig als sog. Gekröse bis zur vordern Wand der Wirbelsäule fortsetzt und an dieser befestigt ist, umgiebt den Darm an seiner Außenfläche und sorgt für die so nothwendige Schlüpfrigkeit derselben; eine aus längs und quer verlaufenden Muskelfasern bestehende zweite Haut liegt unter dieser und trägt für die mannigfachen Bewegungen des Darmcanals, bei manchen Thieren aber auch, vermöge ihrer kräftigen Entwicklung in Magen und Speiseröhre, für die noch nicht erfolgte Zerkleinerung der Nahrungsmittel Sorge; eine dritte Haut endlich, die sog. Schleimhaut, kleidet die Innenwand des Canals aus, und sie eben ist es, die mit den in ihr gebetteten Drüsen und ihren vielfachen Falten, Zotten und Blutgefäßen einerseits gewissen chemischen Metamorphosen der Nahrungsmittel dient, andrerseits aber das Aufnahmeorgan des zur Körpernährung verwendbaren, zubereiteten Nahrungssaftes bildet. Insonderheit sind es, und zwar bei den höhern Thierformen, die kleinen Zotten der Schleimhaut

in den obern Theilen des Darmcanals, die, wie die Wurzelfäserchen der Pflanze aus dem mit Nahrungsstoffen geschwängerten Erdboden, so aus dem Inhalt des Darmcanals dasjenige aufsaugen, was nicht direct in das sie umgebende reiche und zartwandige Netz von Blutgefäßen übertritt. Mit derselben Gesetzmäßigkeit, die wir bei der Wurzelzelle der Pflanze bewunderten, dringt der für das Thier in jedem Falle erforderliche Nahrungssaft in diese Zotten und zunächst in die dieselben bekleidende Schicht sog. Epithelialzellen ein, um so endlich in die in den Zotten selbst gelegenen Blut- und Nahrungssaft- oder Chylusgefäße (s. u.) zu gelangen, und in ihnen seine weitere Bahn zu verfolgen. So wurzelt also das Thier gleichsam in seinem Darmcanal, gleichwie in einem transportabeln Boden, den es ständig mit sich führt und nach eignem Bedürfniß mit Nahrungsstoffen erfüllt, aus dem aber Bewegungsorgane, Sinnesorgane und Nervensystem, gleich den Blättern und Blüthen und Früchten der Pflanze, mit Hülfe des vermittelnden Gefäßsystemes hervorgehen. Was nun aber der Darmcanal bei den Tausenden verschiedener Thierformen an Verschiedenheit in Weite und Länge, in Ausbildung seiner einzelnen Abschnitte u. s. w. darbietet, das richtet sich wieder nach dem jedesmaligen Nahrungsbedürfniß, so wie nach den Verhältnissen der Nahrungsmittel selbst und des gesammten Körperbaues. Dort sollten nur Vegetabilien zur Nahrung dienen, und dem größern, zur Befriedigung des Nahrungsbedürfnisses erforderlichen Maaße derselben mußte ein weiter oder langer Darmcanal entsprechen; bei den Pflanzenfressern finden wir deshalb auch durchschnittlich eine größere Flächenausbreitung der Darmschleimhaut, als bei den Fleischfressern. Dort wieder sollte in dem Darmrohr diejenige Zerkleinerung der Nahrungsmittel ausgeführt werden, die die Kauapparate des Mundes aus diesen oder jenen Gründen nicht vollziehen konnten, und es mußten deshalb hie und da Magen oder Speiseröhre mit kräftigen Wandungen oder mit zahnartigen Vorrichtungen versehen werden. Dort wieder mußte eine große Darmfläche zur Aufnahme der erforderlichen Nahrungsmenge gegeben sein, aber der Raum der Leibeshöhle genügte nicht für die Aufnahme eines langen oder weiten Darmrohrs; neben vielfachen Windungen des letztern sehen wir deshalb hier, wie beim Menschen, die Innenfläche der Darmschleimhaut durch zahlreiche Falten vergrößert.

Gehen wir, um uns von diesen Verhältnissen etwas näher zu unterrichten, die Formverhältnisse des Darmrohres bei den einzelnen Thierclassen nur in Kürze durch. —

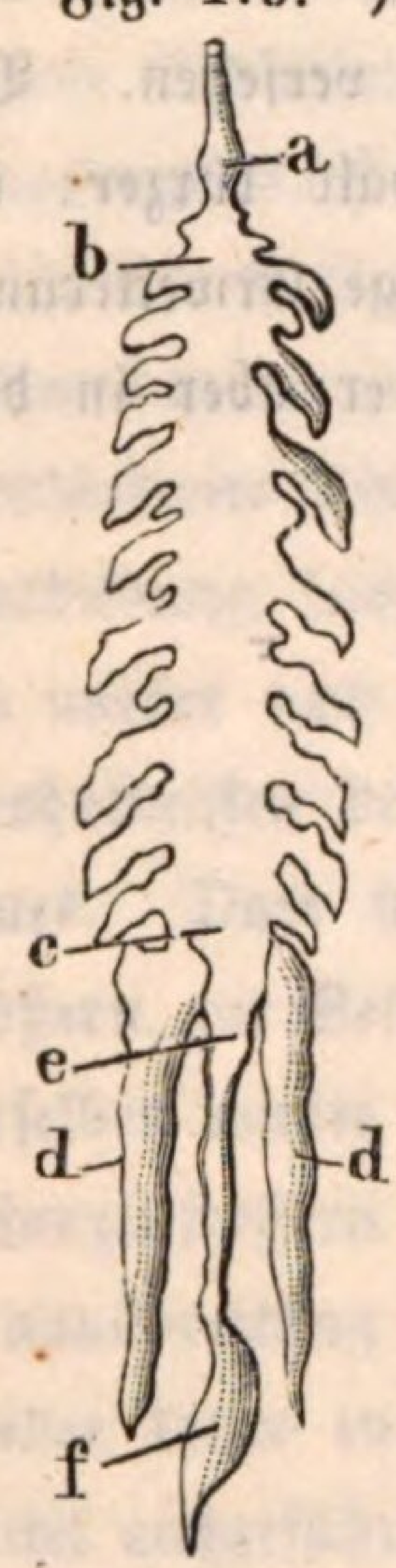
Ein gegen die übrigen Körperorgane abgeschlossenes Darmsystem tritt uns zuerst bei den höhern Classen der Strahlthiere entgegen. Es verläuft das Darmrohr bei ihnen entweder gerade ausgestreckt von vorn nach hinten, oder, der Kürze der Längsachse des Körpers angemessen, wie z. B. bei den Seesternen und Seeigeln, in vielfachen Windungen. Ein Magen findet sich noch nicht überall. Wo er aber vorhanden ist, bildet er meistens eine einfache Erweiterung des Darmrohres, und nur da, wo eine größere Schleimhautfläche für die Verdauung und Aufsaugung der Nahrungsmittel nothwendig war, ist er noch mit blindsackförmigen Ausstülpungen, oft zehn an der Zahl, versehen. Bei den Weichthieren ist die Speiseröhre bald länger, bald kürzer; im ersteren Falle besitzt sie dabei nicht selten eine kropfartige Erweiterung. Ein Magen findet sich überall (Fig. 174). Während er aber in den

Fig. 174 (s. *) a. f. S.).



meisten Fällen wieder nur eine einfache Ausbuchtung des Darmrohrs bildet, findet sich in andern und vielen Fällen, vergleichbar der Einrichtung bei den Vögeln, ein doppelter Magen und zwar ein Muskel- und ein eigentlicher Verdauungs-, ein sog. Laabmagen. Der erstere derselben dient vermöge seiner kräftigen Muskulatur und der oftmaligen noch außerdem vorhandenen innern Bekleidung mit derben, hornartigen Plättchen oder Zähnchen (so bei den Nachtschnecken) nur zur Zerkleinerung der aufgenommenen Nahrungsmittel, während in dem zweiten erst die eigentliche Verdauung vor sich geht. Von den Würmern wurde schon erwähnt, daß ihr Schlundkopf meistens stark entwickelt und mit verschiedenartig gestalteten Kauwerkzeugen versehen ist. Der Schlundkopf setzt sich aber fast überall, ohne daß ein gesonderter Magen vorhanden wäre, in das Darmrohr fort, und zur Vergrößerung seiner absondernden und auffsaugenden Fläche ist dieses dann oftmals mit blindsackförmigen Ausbuchtungen, in denen, wie beim Blutegel (Fig. 175), die Nahrungsmittel oft lange Zeit zurückgehalten werden, oder mit baumzweigartigen Verästelungen versehen. Einige Eingeweidewürmer besitzen gar keinen Darmcanal. Sie nehmen ihre Nahrung schon in einer der Art zubereiteten Form auf, daß es bei ihnen keiner Verdauung derselben mehr bedarf. Bei den Gliederthieren tritt schon eine weitere Ausbildung des Darmrohres auf. Bei den sechsfüßigen Insekten befindet sich an der Speiseröhre in der Regel ein Kropf oder eine sackartige Erweiterung, die zur Auf-

Fig. 175.**)



*) Organe der Verdauung des zu den Kopffüßlern gehörigen Octopus vulgaris. a Kiefer mit kreisförmiger Mundfalte. b Schlundkopf. c Speiseröhre. d Kropf. e Magen. f Spiralförmiger Darm. g Darm. h Unteres Ende des Darms. i Obere, kk untere Speicheldrüsen. l Leber. (Nach Wagner Icon. zootom. Taf. 29.)

**) Darmcanal des Blutegels. a Schlundkopf. b—c Die Magen mit ihren Blindsäcken. dd Lange Blindsäcke des letzten Magensackes. e Dünndarm. f Dickdarm. (Wagner Icon. zootom. Taf. 27.)

nahme einer größern Menge von Nahrung befähigt, als zur Zeit verdaut werden kann. Nicht minder selten findet sich auch, ähnlich wie bei den Mollusken, zwischen Speiseröhre und Verdauungsmagen wieder ein Kaumagen (Fig. 176 d), dessen innere Bekleidung, in Leisten, Zähnen oder Borsten bestehend, für die mechanische Zerkleinerung der Nahrungsmittel sorgt. Der eigentliche Verdauungsmagen bildet dann aber den wesentlichsten Theil des Darmrohres, in so fern er nicht nur für die Verdauung der Nahrungsmittel, sondern auch gleichzeitig für deren Aufsaugung bestimmt ist, so daß er also die Functionen des Magens und Dünndarms der Wirbelthiere in sich vereinigt. Um seine Fläche wieder zu vergrößern, besitzt er bei manchen Gliederthieren (z. B. den Spinnen) sackartige Ausstülpungen, und um die die Verdauungsflüssigkeit absondernden Gebilde zu vermehren, finden sich bei andern (Raubkäfern, Ameisen u. s. w.) zottenartige Ausstülpungen der Schleimhaut, die in ihrem Innern nur Drüsenzellen enthalten. Bei den Wirbelthieren endlich lassen sich am Darmrohr fast durchgehends vier mehr oder weniger scharf ge-

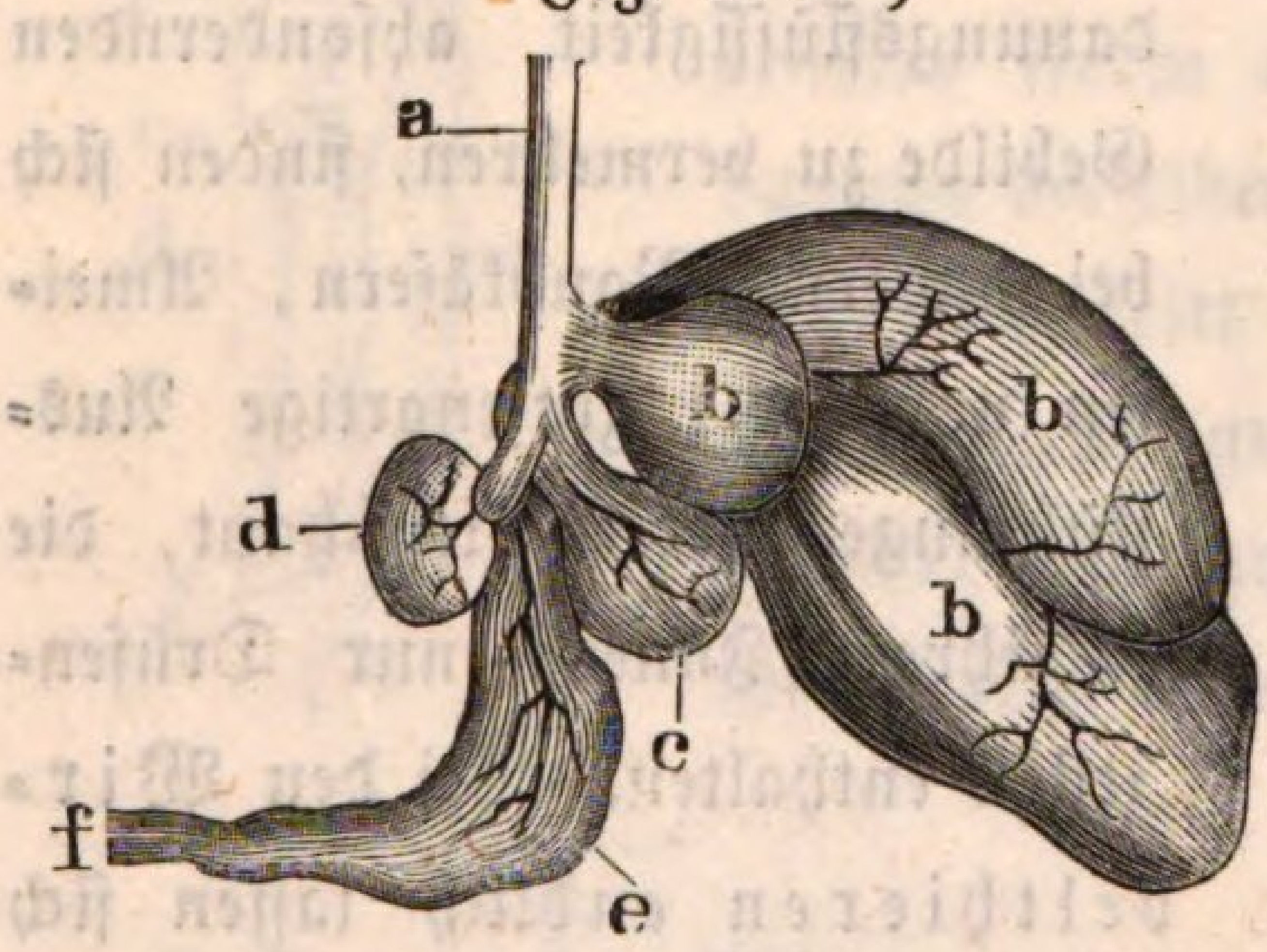
Fig. 176.*)



*) Verdauungsapparat eines Raubkäfers. a Kopf mit Anhängen. b Speiseröhre. c Kropf. d Kaumagen. e Chylusmagen mit Zotten. f Harnabsondernde (sog. Malpighi'sche) Organe. g Dünndarm. (Nach Carpenter's Gen. physiolog. Fig. 199.)

trennte Abschnitte unterscheiden: die Speiseröhre, der Magen, der Dünndarm und der Dickdarm. Die Form dieser einzelnen Abschnitte gestaltet sich aber sehr verschieden. Während die Speiseröhre bei den Säugethieren ein einfaches, zwischen Schlund und Magen ausgespanntes, muskulöses, mit einer stets schlüpfrig erhaltenen Schleimhaut ausgekleidetes Rohr darstellt, besitzt sie bei den Vögeln eine sackartige Erweiterung, den bekannten Kropf, der zur Aufbewahrung von Nahrungsmitteln, zur Brütezeit aber auch zur Absonderung einer breiigen, den Jungen zur Nahrung dienenden Flüssigkeit dient. Bei einigen Reptilien wieder, z. B. den Seeschildkröten, ist ihre innere Fläche behuf Zerkleinerung und Fortbewegung der Nahrungsmittel mit nach hinten gerichteten, spitzen, dicken Zapfen besetzt, und auch bei einigen Fischen finden sich dieselben. Bei einer bestimmten Schlange (Coluber scaber) kommen sogar mit Schmelz überzogene Zähne vor, die auffallender Weise hier als Spitzen der Wirbelkörperfortsätze durch die obere Wand der Speiseröhre hindurchdringen und so in das Lumen derselben hineinragen. Nicht geringere Verschiedenheiten bietet der Magen, den wir gegen die Speiseröhre bald nur durch eine Einschnürung des Darmrohres, bald durch eine klappenartige Vorrichtung, bald auch gar nicht scharf abgegränzt finden, dar. Bei den höchst entwickelten Säugethieren und so auch beim Menschen, findet sich nur eine Magenhöhlung mit verhältnißmäßig dünnen Wandungen und einseitiger sackförmiger Erweiterung. Bei einigen Walen (z. B. den Delphinen), bei den Faulthieren, Dickhäutern und namentlich den Wiederkäuern (Fig. 177) kommen dagegen beständig vier Ab-

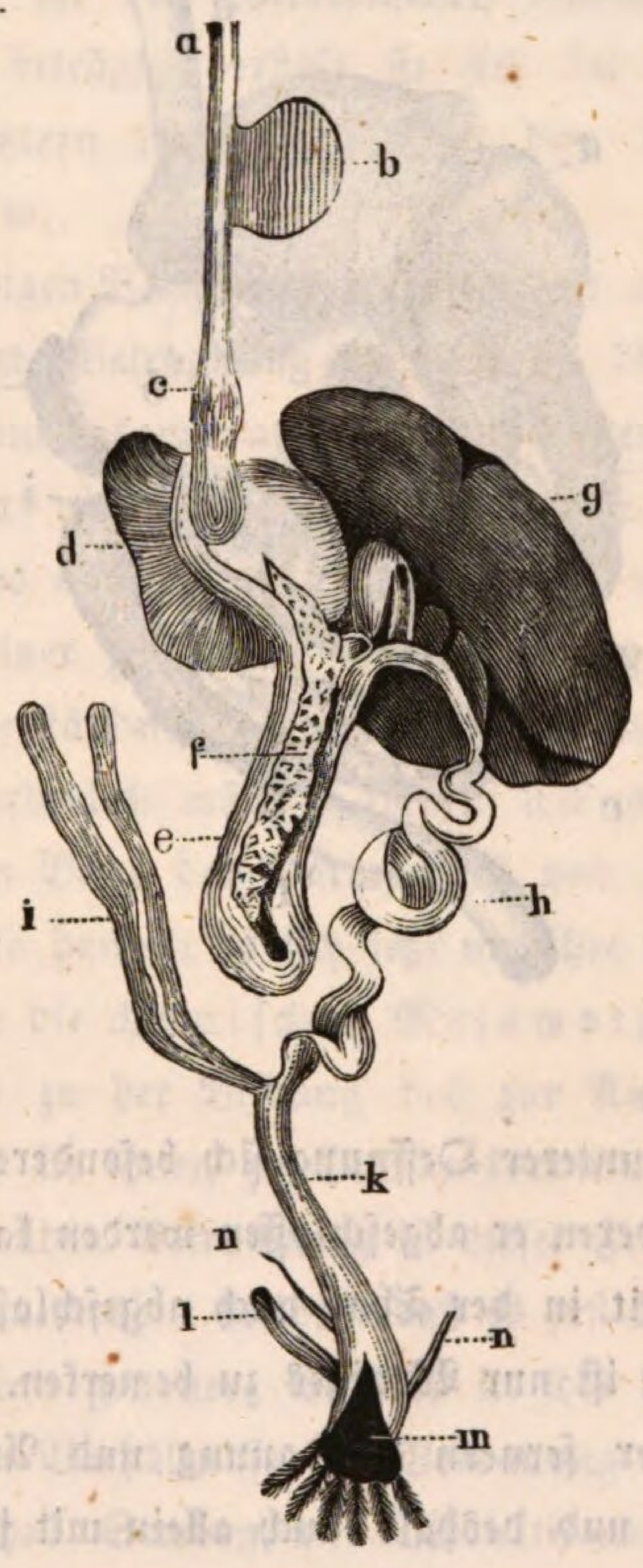
Fig. 177.*)



*) Mägen des Schaafes. a Speiseröhre. b Erster Magen oder Pansen. c Zweiter oder Netzmagen. d Dritter oder Blättermagen. e Vierter oder Laabmagen. f Anfang des Dünndarms. (Nach Bergmann und Leuckart a. a. O. S. 79.)

theilungen vor, die den Namen des Pansen, des Netzmagen, des Blättermagen und des Laabmagen tragen, und von denen die ersten beiden der Aufbewahrung und feineren Zertheilung, die beiden letztern aber der eigentlichen Verdauung der Nahrungsmittel dienen. Bei den Vögeln ist meistens ein doppelter Magen vorhanden. Der vordere stellt oft nur eine Erweiterung der Speiseröhre dar, und ist mit vielen Drüsen zur Absonderung des Magensaftes versehen (Fig. 178); der zweite bilde

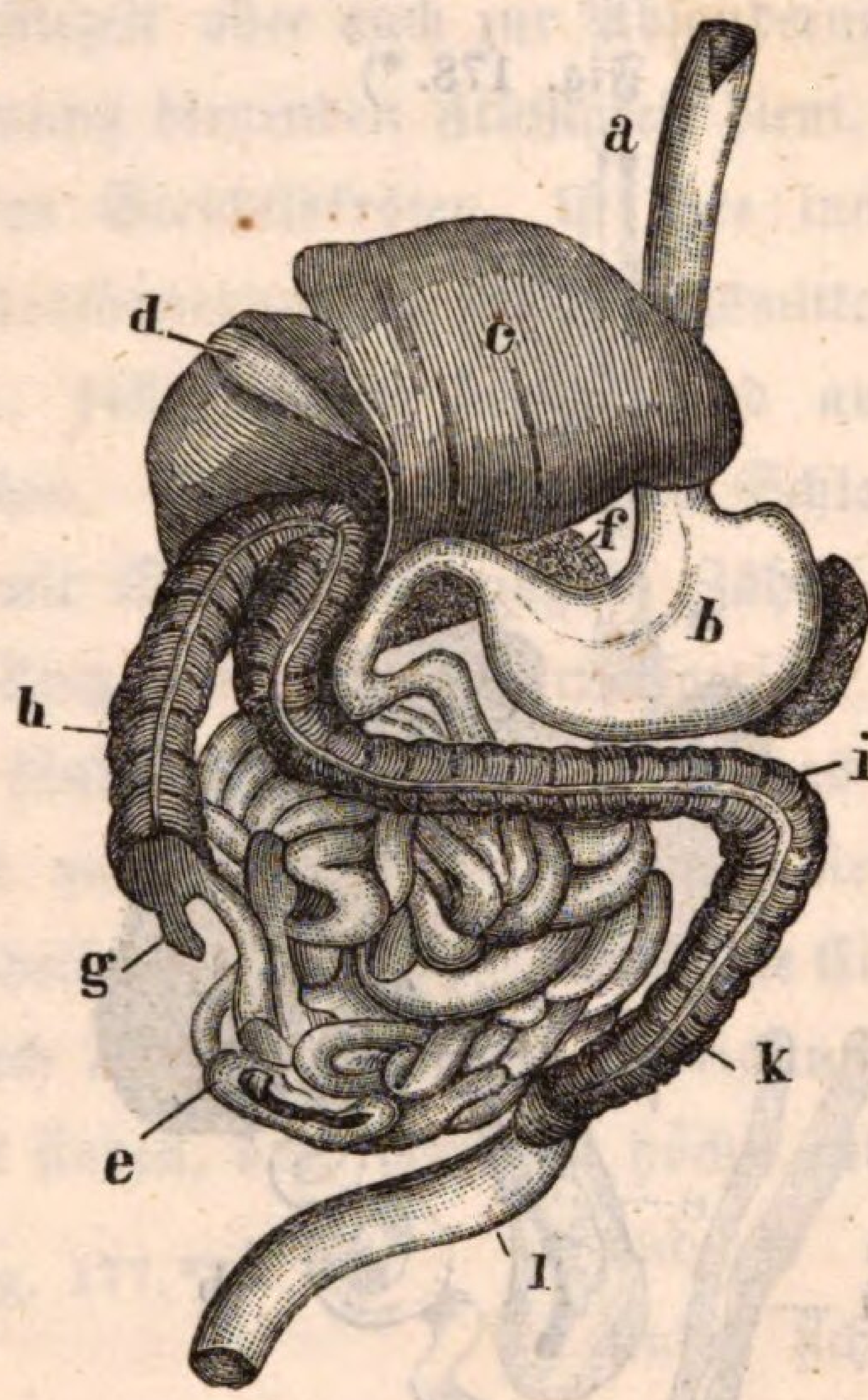
Fig. 178.*)



*) Darmapparat eines Vogels. a Speiseröhre. b Kropf. c Drüsenmagen. d Muskelmagen. e Zwölffingerdarm. f Bauchspeicheldrüse. g Leber mit mehren Lappen und Gallenblase (zurückgeschlagen). h Dünndarm. i Blinddärme. k Dickdarm. l Eileiter. m geöffnete Cloake. n Harnleiter. — (Nach Bergmann u. Leuckart a. a. O. S. 77.)

dagegen den sog. Haupt- oder Muskelmagen, und vermöge seiner derben, fleischigen Wandungen und seiner oftmaligen Auskleidung mit einer hornigen Platte ist er es erst, der für die Zerkleinerung und innige Vermischung der oft härtlichen Nahrungsmittel mit dem Magensafte sorgt. Beim Menschen bildet der Magen einen quer unter der Herzgrube liegenden Sack von verschiedener Größe (Fig. 179), an dessen

Fig. 179.*)



oberer sowohl, als unterer Oeffnung sich besondere muskulöse Apparate befinden, vermöge deren er abgeschlossen werden kann und während der Magenverdauungszeit in der That auch abgeschlossen wird. Von dem Darmcanal selbst ist nur Weniges zu bemerken. Der Dünndarm, der vorzugsweise der fernern Verdauung und Aufsaugung von Nahrungsmitteln dient und deshalb auch allein mit jenen oben erwähnten

*) Verdauungsapparat des Menschen. — a Speiseröhre. b Magen. c Leber (zurückgeschlagen). d Gallenblase. e Dünndarm. f Bauchspeicheldrüse. g Blinddarm. h Aufsteigender, i querer, k absteigender Dick- oder Grimmdarm. l Enddarm. m Milz.

Zotten versehen ist, endigt bei den meisten Säugethieren und Vögeln und manchen Amphibien mit einer Erweiterung, dem sog. Blinddarm, dessen Vorhandensein bei manchen Thieren für die Verdauungsvorgänge sicher von großer Bedeutung ist. Von dem voluminösern Dickdarm ist dieser dann aber wieder bald durch eine Klappe, bald nur durch einen Kreismuskel, bald gar nicht geschieden, Verhältnisse, die bald ein längeres, bald ein kürzeres Verweilen der Nahrungsstoffe im Dünndarm bedingen. Die ganze Länge des Darmcanals ist dabei sehr wechselnd. Während sie z. B. bei den Wiederkäuern meistens 15—18mal die Länge des Körpers beträgt, verhält sie sich bei den fleischfressenden Raubthieren zur letztern wie 5 : 1, bei dem Menschen etwa wie 6 : 1 u. s. w. u. s. w.

Auf diese flüchtigen Bemerkungen müssen wir uns hier beschränken. So manche interessante Betrachtung sich auch an die speciellen Bauverhältnisse der Verdauungsapparate der verschiedenen Thierarten anknüpfen läßt, es darf nicht vergessen werden, daß unsere Aufgabe nur in dem Entwurf eines allgemeinen Bildes besteht, und schon würde sich die Besorgniß vor einer zu großen Ausführlichkeit aufgedrängt haben, wenn nicht zum Verständniß des Allgemeinen auch wieder einige Specialkenntniß erforderlich wäre. Haben wir aber eine allgemeine Vorstellung von dem Baue des Darmrohres und seiner einzelnen Abschnitte gewonnen, so handelt es sich jetzt um ihre Functionen, um die schwierige Frage, wie die chemischen Metamorphosen der Nahrungsmittel, bis zu der Bildung des zur Aufsaugung befähigten Nahrungssaftes hin, in ihnen zu Stande kommen. Der noch übrige Abschnitt der vorliegenden Betrachtung ist dieser Frage gewidmet.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß es erst den letzten Decennien vorbehalten war, eine genauere Einsicht in die dunkeln, dem Auge entzogenen chemischen Verhältnisse der Verdauung zu gewinnen. Was aber ein unermüdliches Streben mit Vivisektionen von Thieren, mit sorgfältiger Beobachtung zufällig oder durch Krankheiten schwer verletzter Individuen u. s. w. errungen hat, liegt uns, Dank den Bemühungen eines Tiedemann und Gmelin, Bidder und Schmidt, Lehmann und Frerichs, Beaumont u. A. mehr und mehr schon als ein klar verstandenes Ganzes vor, und wenn auch in einzelnen Punkten,

im Allgemeinen sind wir über jene Verhältnisse nicht mehr im Zweifel. Gleichwie den Nahrungsmitteln auf ihrem Wege zum Magen der Speichel, so wissen wir, daß ihnen auf ihren weiteren Wegen durch den Darmcanal verschiedenartig constituirte Säfte, die sog. Verdauungssäfte, die von bald mehr, bald weniger verschiedenartigen Drüsen abgesondert werden, zufließen. Als solche Drüsen kennen wir im höchst entwickelten Wirbelthier: die Magendrüsen, die Leber, die hinter dem Magen gelegene Bauchspeicheldrüse und die Darmdrüsen, und zwar liefern die erstern den Magensaft, die Leber die Galle, die Bauchspeicheldrüse den Bauchspeichel, die Darmdrüsen den Darmsaft. Diese Säfte bedingen dann aber auch alle Metamorphosen, welche die Nahrungsmittel erleiden müssen, damit sie zu dem gleichförmigen, zur Aufsaugung befähigten Nahrungssaft oder „Chylus" umgewandelt werden. Nach und nach und in bestimmter Aufeinanderfolge werden sie den durch die wurmförmigen Bewegungen des Magens und Darmcanals langsam fortgeschobenen Nahrungsmitteln beigemischt, und wahrlich, wenn wir irgendwo Ursache haben, das Ineinandergreifen der einzelnen Thätigkeiten des thierischen Organismus, die Gesetzmäßigkeit alles organischen Geschehens zu bewundern, so ist es hier, wo wir in der Zersetzung und Metamorphose von Stoffen die Quelle eines neuen Lebens erblicken. Es ist zu bedauern und doch eine gewöhnliche Erfahrung, daß sich der Laie gerade von diesem Gebiete physiologischer Forschung mit einer gewissen Geringschätzung abwendet, daß die Erscheinungen des vegetativen Lebens fast durchgehends über die Betrachtung des animalen vernachlässigt werden. Es scheint, daß man sich ungern in das Wesen der stofflichen Vorgänge versenkt, zu ungern seine Abhängigkeit von diesen fühlt; man bezeichnet den Gegenstand als indelicat und läßt ihn zur Seite liegen, weil man in und durch ihn zu wenig Befriedigung des Sinnes für das Schöne, der doch bei dem Laien vorzugsweise in der Naturbetrachtung seine Genugthuung sucht, zu finden glaubt. Steht aber dem Schönen der äußeren Formen nicht ebenbürtig die tiefe Weisheit zur Seite, die sich uns in den Gestaltungsprocessen jener so schlagend offenbart? Wird die Bewunderung des Schönen nicht durch eine tiefere Einsicht in seine einzelnen nicht minder schönen Bestandtheile und seine Entwicklungsgeschichte noch um ein Bedeutendes ge-

steigert? Die Blüthe der Pflanze zieht allerdings zunächst unser Auge an; aber erst wenn wir ihre Geburtsstätte, ihre Entwicklung und ihren Zusammenhang mit dem Leben der ganzen Pflanze kennen, erreicht unsere Freude oder unsere Bewunderung jenen oft ungekannten Grad der Höhe, den nur die tiefere naturwissenschaftliche Forschung erreichbar macht. Und wie mit der Pflanze, so mit dem Thier. Erst dann erkennen wir die Erscheinungen des animalen Lebens im vollen Glanze ihrer Größe, wenn wir bis auf ihre letzten Quellen zurückgehen und Ursprung, Mischung und allmählige Metamorphose dieser Quellen verstehen lernen. Und handelt es sich gar um praktische Fragen, so wissen wir nur dann Blüthe und Frucht zu erziehen, nur dann erst Leistungsfähigkeit und Ausdauer zu bewahren und, falls sie schwinden, wiederherzustellen, wenn wir mit tieferer Einsicht ihre Quellen, ihre Ursachen, ihren Entwicklungsgang zu beurtheilen vermögen. Ermüden wir also nicht; lassen wir nicht ab von dem eifrigen Verfolge der interessanten Gegenstände und Fragen, welche die Natur uns, wie überall, so auch hier bietet; die gespannte Aufmerksamkeit lohnt bald ein erfreuendes Verständniß des zusammenhängenden Ganzen.

Wir erwähnten zunächst der Magendrüsen. Wo haben wir diese zu suchen? Wie verhält es sich um die Eigenschaften ihres Absonderungssaftes? Nach unserer obigen Skizze vom Bau des Darmcanals im Allgemeinen überzieht ihn außen zunächst eine glatte, sog. seröse Haut; dieser folgt die aus Längs- und Querfasern bestehende Muskelhaut, welche die für die Magenverdauung so wesentlichen Bewegungen des Magens vermittelt, und dieser liegt nach innen die Schleimhaut auf. In dieser letztern eingebettet und dicht gedrängt finden sich nun die $\frac{1}{5}$—$\frac{3}{4}$ ''' langen, schlauchförmigen Magendrüsen (Fig. 180, 181 u. 182 a. f. S.), die, frei auf der innern Fläche der Schleimhaut mündend, ihren ständig von den sie umstrickenden Blutgefäßen bezogenen Inhalt in die Höhlung des Magens hinein ergießen, sobald nur der von den Speisen selbst auf die Nerven der Magenwände ausgeübte mechanische und chemische Reiz die Veranlassung dazu giebt. Es besteht dieser Drüsen-Inhalt aber einmal aus zelligen Gebilden, den 0,006—0,01 ''' großen, sog. Labzellen und Zellenkernen, die beide in den Drüsen selbst ihre Entstehung finden, andrerseits aus einer

Flüssigkeit, die neben 97—99 Proc. Wasser vorzugsweise Chlorwasser-

Fig. 180.*)

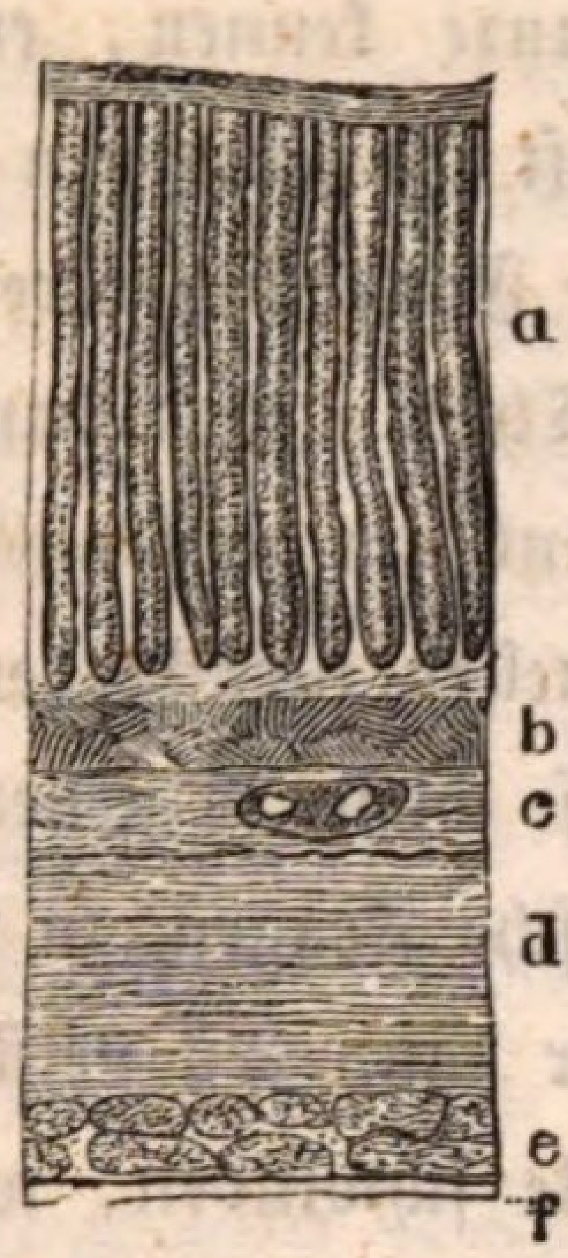


Fig. 181.**)



Fig. 182.***)



stoffsäure oder Salzsäure, etwas Kochsalz, phosphorsauren Kalk, Chlorkalium und sehr wenig phosphorsaures Eisenoxyd enthält, und diese Bestandtheile des Magensaftes sind es, die, innig mit dem Inhalt des Magens vermischt, die erste und wesentliche Veränderung desselben herbeiführen. Die Salzsäure und die Labzellen spielen dabei ohne Frage die Hauptrolle. Es bedarf jedoch der Erwähnung, daß es nicht sowohl die Zellen selbst und in ihrer Totalität sind, welche neben der Salzsäure die verdauende Kraft besitzen, sondern vielmehr nur ihrem Inhalt diese wichtige Eigenschaft zukommt. Dieser Inhalt, in den kaum entstandenen Zellen gebildet, wird durch das Zerplatzen der Zellen frei, stellt sich jetzt als eine stickstoffhaltige Ferment-Substanz dar, die man mit dem Namen des Pepsin belegt hat, und sie nun eben ist es, die in

*) Senkrechter Schnitt durch die Häute des Schweinsmagen. a Magendrüsen. b Muskellage der Schleimhaut. c Nervenhaut mit durchschnittenen Gefäßen. d Quermuskellage. e Durchschnittene Längsmuskellage. f Aeußere seröse Haut, die die Außenfläche des Magens bekleidet.

**) Eine einzelne Magendrüse stärker vergrößert und mit Labzellen und Körnchenhaufen erfüllt. Die Wände sind nahe der Oeffnung der Drüsen mit Epithelialzellen besetzt.

***) Labzellen. a Zelle mit undeutlicher Begränzungshaut aus dem untern Theile der Drüse. b Zellen mit deutlicher Haut aus dem obern Theile der Drüse.

Verbindung mit der Salzsäure die verdauende Einwirkung ausübt. In der That ein wunderbarer Vorgang! In den kleinen Drüsenschläuchen entwickeln sich mit ausnehmender Raschheit aus den vom Blute gelieferten Materialien Zellenkerne und Zellen; dieser Bildungsproceß selbst includirt das Erstehen einer stickstoffhaltigen, die Labzellen erfüllenden und mit besondern Eigenschaften ausgerüsteten Substanz, und diese nun erst ist als solche bestimmt, das wesentliche Verdauungsmittel gewisser Nahrungsbestandtheile zu werden, während die Zellhüllen selbst wieder in dem Mageninhalt ihren Untergang finden!! Doch wir kommen darauf in einem spätern Vortrage noch einmal zurück. — Die täglich abgesonderte Menge des stark sauer reagirenden Magensaftes beläuft sich nach Bidder's und Grünewaldt's trefflichen Untersuchungen bei einem Menschen von etwa 130 Pfd. Körpergewicht auf die enorme Menge von mindestens 13 Pfd., eine Menge, welche für die hinreichende Auflösung der Nahrungsmittel erforderlich war, für die chemische Metamorphose der eiweißartigen Nahrungsbestandtheile aber, wie wir bald erfahren werden, noch nicht einmal genügt. Und wie wirkt dieser Magensaft auf die genossenen Speisen ein? Nach den von den oben genannten Forschern an Thieren und mit Magenfisteln behafteten Menschen angestellten Versuchen kann kein Zweifel mehr darüber vorhanden sein, daß seine wesentlichste Wirkung in der Auflösung und bis dahin noch nicht näher bestimmbaren chemischen Metamorphose der eiweißartigen (stickstoffhaltigen) Nahrungsstoffe, wie des Fleisches, des Hühnereiweißes, des Klebers im Brod und Mehl u. s. w. besteht. In Folge dieser Metamorphose verlieren die eiweißartigen Substanzen ihre Fähigkeit durch Hitze u. s. w. zu gerinnen, werden in Wasser löslich und damit zur Aufsaugung im Darmcanal geschickt. Eine zweite Wirkung steht aber dieser ersten zur Seite, und diese erstreckt sich auf die theilweise Umwandlung des genossenen oder durch die Einwirkung des Speichels auf das Stärkmehl im Munde erzeugten Traubenzuckers, so wie des genossenen Milchzuckers, in Milchsäure. Die erstere dieser Wirkungen wird sonder Frage durch die Salzsäure in Verbindung mit den im Magensafte gelösten, aus den Labzellen hervorgegangenen stickstoffhaltigen Substanzen ausgeübt, die zweite rührt aber in ähnlicher Weise von den letztern, als einem Fermente, her, wie wir dieselbe bei der

Molkenbereitung durch Zusatz eines Stückes Laabmagen vom Kalbe zur Milch herbeigeführt sehen. Bekanntlich verwandelt sich bei der letztern ein Theil des Milchzuckers der Milch zu Milchsäure, die sich als solche mit dem Käsestoff der Milch, ein Gerinnsel bildend, vereinigt. Sonach stoßen wir bei Betrachtung des Verdauungsvorganges im Magen, gleichwie bei der der Speichelwirkung, auf einen Fermentationsproceß, gleichzeitig aber auch auf eine chemische Metamorphose der eiweißartigen Nahrungsbestandtheile, die wesentlich durch die Gegenwart einer Säure, und zwar der Salzsäure, unterstützt und bedingt wird, deren Wesen wir bis dahin aber noch kaum scharf zu bezeichnen vermögen. Der hohe Wassergehalt des Magensaftes kommt dabei zu Hülfe, und daß seine unorganischen, übrigen Bestandtheile nicht ohne Bedeutung für die Herstellung einer in jeder Beziehung zur Ernährung des Körpers geeigneten Bildungsmasse sind, daß auch sie, wie die gleichen Bestandtheile des Speichels, unter Umständen zum Ersatz dieser oder jener in den Nahrungsmitteln selbst fehlender Bestandtheile dienen können, scheint nicht unwahrscheinlich. Die hohe Wichtigkeit des Salzsäuregehaltes des Magensaftes ist mit besonderer Sicherheit constatirt. Je geringer er ist, desto geringer auch die auflösende Eigenschaft des letztern. Es erklärt sich damit, daß ein erkrankter, mit Catarrh behafteter Magen wenig oder gar keine Speisen verdaut, denn der Absonderungssaft eines solchen besitzt entweder nur eine sehr schwach saure, oder gar eine alkalische Reaction; und wenn wir den Genuß alkalischer (Soda-) Wässer während der Mahlzeit als schädlich, als die verdauende Eigenschaft des Magensaftes beeinträchtigend bezeichnen, so bedarf dieses Verbot nach dem Gesagten keiner weitern Erklärung. Auch eine zu hohe Temperatur hebt nach sichern Versuchen die Einwirkung des Magensaftes auf, und es ergiebt sich daraus die dringende Mahnung, den Genuß heißer Suppen oder zu heißer Speisen zu vermeiden. Desgleichen ist eine zu große Verdünnung desselben von schwächendem Einfluß auf seine Wirkung und der zu reichliche Genuß von Flüssigkeiten, insonderheit Wasser, während der Mahlzeit ist damit als nachtheilig bezeichnet. Endlich sei auch noch des wichtigen Umstandes erwähnt, daß Zutritt von Galle zum Magensaft die Wirkung desselben gänzlich aufhebt. Kann aber ein solcher Zutritt, ein Aufsteigen der Galle aus

den obern Theilen des Darmcanals in den Magen ohne Frage durch heftige Gemüthsbewegungen herbeigeführt werden, so ist damit die Erklärung der oftmals beobachteten Unverdaulichkeit nach derartigen Emotionen genossener Speisen gegeben. Will man dagegen, wo die Verdauung der Speisen im Magen darniederliegt, die Absonderung des Magensaftes vermehren, so kann man eine solche Vermehrung rasch durch verschiedene Reizmittel herbeiführen, wie z. B. durch das schon oben erwähnte Kochsalz, durch wenig Spirituosa, oder durch kleine Dosen von Arzneimitteln, die in größeren Gaben Magen oder Darmcanal zu kräftigen Bewegungen anregen, wie Rhabarber oder Ipecacuanha. Auch mag es hier in Kürze erwähnt sein, daß eine geringe Beimischung von Fett zu den Nahrungsmitteln die Einwirkung des Magensaftes auf die eiweißartigen Stoffe steigert, so daß also ein solcher Zusatz unter Umständen nur zu empfehlen ist. Durch die für alle Zeit wichtigen und weitbekannten Untersuchungen des Dr. Beaumont an einem canadischen Jäger, der durch einen Schuß eines Theiles der vordern Bauch- und Magenwand beraubt war, und somit zu unmittelbaren Beobachtungen über die Verdauungsvorgänge im Magen Gelegenheit darbot, sind wir endlich auch dahin gelangt zu wissen, welche Zeit annähernd für die vollkommene Magenverdauung (Chymification) der einzelnen Nahrungsmittel erforderlich ist. Für die Diätetik ist die Kenntniß dieser Verhältnisse selbstverständlich von hohem Werth, und namentlich bei Feststellung und Beurtheilung der so oftmals fehlerhaften Kinderdiät, einem Quell der verschiedensten spätern Krankheitszustände, sollte dieselbe stets eine sorgfältige Berücksichtigung erfahren. Beispielsweise nur Einiges davon. Die Zeit der Magenverdauung beträgt:

für Ochsenfett	$5\frac{1}{2}$	Stunden
„ Hammelfett	$4\frac{1}{2}$	„
„ gekochten Schinken	$4\frac{1}{2}$	„
„ „ Kohl	$4\frac{1}{2}$	„
„ „ Lachs	4	„
„ zahmes Geflügel	4	„
„ gebratenes Rindfleisch	4	„
„ alten Käse	$3\frac{1}{2}$	„

für	frisches Waizenbrod	$3\frac{1}{2}$	Stunden
„	gekochte Kartoffeln	$3\frac{1}{2}$	„
„	hart gekochte Eier	3	„
„	geschmortes Hammelfleisch	3	„
„	Beefsteak	3	„
„	rohe Austern	3	„
„	rohen Schinken	3	„
„	Eier- und Milchpudding	$2\frac{3}{4}$	„
„	gekochte und frische Milch	$2-2\frac{1}{4}$	„
„	gekochten Sago	$1\frac{3}{4}$	„
„	gekochte Forellen	$1\frac{1}{2}$	„
„	weiche, süße Aepfel	$1\frac{1}{2}$	„

u. s. w. u. s. w.

Es ergiebt sich daraus leicht die Mahnung, neugeborenen Kindern nicht öfter als höchstens alle 2—3 Stunden Nahrung zu reichen, und bei älteren zwischen den einzelnen Mahlzeiten, je nach deren Art, stets einen hinreichenden Zwischenraum zu lassen; das beständige Füttern, die unregelmäßigen, wenn auch zur Zeit nur unbedeutenden Genüsse von Speisen, wie sie so oft den Kindern nicht nur gestattet, sondern auch offerirt werden, sind die Ursache mancher Krankheitserscheinungen, die sich erst im spätern Alter herausstellen und der ärztlichen Behandlung äußerst hartnäckigen Widerstand leisten. —

Während nun diese Verdauungsvorgänge im Magen statthaben, findet gleichzeitig schon eine Aufsaugung mancher Nahrungsstoffe von Seiten der schon oben erwähnten, die Magendrüsen selbst netzförmig umstrickenden Blutgefäße statt. Namentlich von Getränken, Zuckerlösungen, Spirituosen u. s. w. wissen wir, daß sie zum großen Theil schon vom Magen aus in die Blutgefäße übertreten, ein Verhältniß, welches den Gesetzen der En- und Exosmose zufolge je nach der Art der Getränke, deren Salzgehalt, Reaction u. s. w., so wie nach der jeweiligen Beschaffenheit des Blutes mannigfachen Verschiedenheiten unterliegt. So wird Wasser von einem zur Zeit wasserarmen Blute rascher aufgesogen werden, als von einem normal wasserhaltigen, saure Flüssigkeiten werden im Allgemeinen rascher in die Blutgefäße über-

treten, als alkalische u. s. w. Wenn jedoch, wie bereits oben erwähnt, bei einzelnen Thierarten, wie den Insekten, die Verdauung der gesammten Nahrungsmittel, so wie deren Aufsaugung schon im Magen beendet wird, so verhält es sich bei den Wirbelthieren anders. Bei diesen erreichen die festen Nahrungsmittel im Magen noch nicht denjenigen Grad der Auflösung und Verarbeitung, der für ihren Uebertritt in die Nahrungssaft- und Blutgefäße erforderlich ist; sie bedürfen noch weiterer Metamorphosen, und diese warten ihrer in dem obern Theile des Darmcanals, im Dünndarm.

Von der Beimischung der Salzsäure noch sauer tritt der Mageninhalt (Speisebrei oder Chymus) in den letztern ein. Alsbald aber fließen ihm die alkalisch reagirenden Absonderungssäfte der Bauchspeicheldrüse und der Leber durch besondere Canäle zu, und nicht nur die saure Beschaffenheit des Chymus wird dadurch zum großen Theil wieder aufgehoben, es erfolgen vielmehr auch weitere Metamorphosen derjenigen Nahrungsbestandtheile, die bis dahin die erforderlichen Veränderungen noch nicht erfuhren.

Was zunächst die hinter und unterhalb des Magens gelegene Bauchspeicheldrüse (Pancreas, Midder) anbetrifft, so gleicht dieselbe durchaus den Speicheldrüsen des Mundes, und auch ihr Secret hat ganz ähnliche Eigenschaften wie der Speichel. Es verwandelt dasselbe also insonderheit das bis dahin noch nicht in Zucker umgewandelte Stärkmehl in Traubenzucker, vollendet die vom Mundspeichel begonnene Metamorphose desselben, bedingt wahrscheinlich auch die weitere Umwandlung des Traubenzuckers in Milchsäure, so wie des Rohrzuckers in Traubenzucker und wieder in Milchsäure, und trägt durch seinen Wassergehalt gleichzeitig wieder zur weitern Auflösung der Nahrungsstoffe bei. Es kommt diese Drüse daher auch fast bei allen Thieren der drei höhern Wirbelthierklassen vor, seltener schon bei den Fischen, deren zum Theil eigenthümliche Magenanhänge (Appendices pyloricae) übrigens möglicherweise die Stelle derselben vertreten. Bei den wirbellosen Thieren finden sich nur zweifelhafte Organe, denen die Bedeutung einer Bauchspeicheldrüse beizulegen wäre; nur bei den Weichthieren scheint ein aus zahlreichen Blindschläuchen bestehendes Anhangsgebilde des Darmcanals eine solche zu besitzen. Die Menge des in 24 Stunden in

einem erwachsenen Mann abgesonderten Pancreassaftes ist dabei viel erheblicher, als man bisher dachte. Nach C. Schmidt beläuft sie sich auf 4,6 Kilogrm. (= 9,2 Pfd.). Es ist diese Menge jedoch nach der Berechnung desselben geistreichen Physiologen nicht sowohl speciell für die Metamorphose des Stärkmehls und Zuckers erforderlich, als vielmehr zur Verdünnung des Speisebreies und zur Fixirung und Hinwegführung derjenigen Menge von Natron, welche in der Bauchspeicheldrüse von dem Chlor des Chlornatrium (Kochsalzes) getrennt, sich dem Fermentstoffe des Bauchspeicheldrüsensaftes verbindet, mit ihm dem Inhalt des obern Theiles des Darmcanals zuströmt, und sich hier mit dem Salzsäuregehalte desselben wieder zu Kochsalz verbindet. Es findet dieser Ansicht zufolge also in der Bauchspeicheldrüse jene wichtige Zerlegung des im Blute enthaltenen Kochsalzes in Chlorwasserstoff- oder Salzsäure uud Natron statt, welche für die Bildung der Salzsäure des Magensaftes Sorge trägt; und während diese Säure selbst zum Magen geht, um dort Bestandtheil des Magensaftes zu werden, verbindet sich das von ihr getrennte Natron mit der Fermentsubstanz, welche in der Bauchspeicheldrüse gebildet wird. Jene fließt dann vom Magen aus mit dem Inhalt desselben, dieses mit der Fermentsubstanz des Pancreassaftes dem obern Theile des Darmcanals zu, und, kaum getrennt gewesen, vereinigen sich hier Salzsäure und Natron wieder zu Kochsalz, ein Vorgang, der, wie Schmidt sich ausdrückt, auf die Erhaltung „des typischen Gleichgewichts zwischen Säuren und Basen" im Organismus hinzielt und die theilweise Neutralisation der Säure des aus dem Magen herabgetretenen Speisebreies includirt. — Fügen wir diesen Angaben noch hinzu, daß nach den neuesten Untersuchungen von Frerichs, Städeler und Virchow die Bauchspeicheldrüse neben der erwähnten Function höchst wahrscheinlich noch eine zweite, für die Stoffmetamorphose im Körper äußerst bedeutungsvolle ausübt. Gleich der Milz scheint sie gewisse Bestandtheile des Blutes in bestimmte Verbindungen, und zwar in das sog. Leucin und Tyrosin umzuwandeln, Verbindungen, die durch den Blutstrom der Leber zugeführt, dort für die Bildung der Galle äußerst wesentlich zu sein, ja vorzugsweise das Material für dieselbe zu liefern scheinen. Erst später werden wir noch einmal auf diese wichtigen Beziehungen zurückkommen. —

Neben der Speicheldrüse liegt dem Darmcanal die Leber zur Seite, ein ebenfalls drüsiges Organ, welches, weit in der Thierreihe verbreitet, nicht nur speciell für den Verdauungsproceß der Nahrungsmittel, sondern für den gesammten Haushalt des Thieres eine sehr hervorragende Bedeutung besitzt. Sehen wir uns zunächst nach dem Vorkommen desselben in der Thierreihe etwas näher um. — Aus der Entwicklungsgeschichte des Hühnchens erinnern wir uns, daß sich die Leber aus dem Darmrohre, und zwar in der Form einer einfachen Ausstülpung oder Zellenanhäufung, hervorbildet. Wie in Betreff so mancher anderer Organe sehen wir aber auch hier die embryonalen Verhältnisse der höhern Thierformen bei den niedern das ganze Leben hindurch constant bleiben, und wenn sich bei vielen Polypen in den Wandungen des Verdauungscanals nur eine eigenthümliche Schicht von Zellen, die sich durch ihre braune, grünliche oder gelbe Färbung als Leberzellenschicht charakterisirt, findet, so ist damit ein Beispiel für jenes Verhältniß gegeben. Die Leber hat sich hier noch nicht als gesondertes Organ hervorgebildet. Bei den höhern Strahlthieren sind die schon oben erwähnten Anhänge des Magens, die sich oft zu traubenförmigen Anhangsdrüsen gestalten oder blindsackförmig in die Arme der Thiere hineinerstrecken, als gallenbereitende Organe zu betrachten. Unter den Mollusken finden sich ähnliche Verhältnisse nur bei den niedrigen Formen, den Tunicaten (Mantelthieren), Pteropoden (Flossenfüßern) u. s. w. Bei den übrigen tritt dagegen die Leber schon als ein gesondertes Organ auf, und zwar besteht sie hier meistens aus mehren kleinen Blindsäckchen, die bald enger, bald weniger fest mit dem Darmcanal verbunden sind, oft eine sehr bedeutende Entwicklung erreichen, und ihr Secret meistens aus zwei Gallengängen in den Darmcanal ergießen. Bei den Würmern wieder findet sich kein besonderes Leberorgan. Wie bei den niedern Strahlthieren ist dasselbe hier nur in Form einer gelblichen Schicht eng mit dem Darm verbundener Zellen angedeutet; nur bei den Ringelwürmern ist das Gewebe schon zu kleinen Schläuchen oder Drüsensäckchen mit eigenen Ausführungsgängen entwickelt. Bei den übrigen Gliederthieren finden sich oft ebenfalls keine besondern, gallebereitenden Organe, namentlich nicht bei den sechsfüßigen Insekten und Tausendfüßlern, den niederen Arten der

Spinnen und Krebse; auch hier wird die Leber durch einzelne Zellenlagen des Darmcanals vertreten. Bei den größern Krustern und Spinnen, beim Flußkrebs u. s. w. finden sich dagegen wieder besondere, gallebereitende einfache oder zusammengesetzte, blindsackartige, cylindrische Schläuche, und die zehnfüßigen Krebse besitzen selbst zwei ansehnliche zusammengesetzte Drüsen, welche der Function der Leber vorstehen. Bei den Wirbelthieren endlich bildet die Leber mit einer einzigen Ausnahme (Branchiostoma) eine neben den Gedärmen und meistens rechts vom Magen liegende gelbbraune oder dunkelrothe, aus zwei oder mehren sog. Lappen zusammengesetzte, bald größere, bald kleinere Drüse. Durch einen oder mehre Ausführungscanäle für die Galle steht diese mit dem obern Theil des Darmcanals in Verbindung. An ihrer hintern Fläche ist sie aber zugleich in der Mehrzahl der Fälle mit der sog. Gallenblase, als einem Reservoir für die während der Verdauungsruhe bereitete, und erst später zu verwendende Galle, die dann durch den schon erwähnten oder einen gesonderten Ausführungsgang in den Darm ergossen wird, versehen. Die Leber der Fische ist dabei durch ihre Größe und meistens durch ihren bedeutenden Fettgehalt, der uns den Leberthran liefert, ausgezeichnet. Bei den Reptilien ist sie je nach der Form des Thieres bald langgestreckt, bald kürzer. Bei den Vögeln finden sich meistens zwei Lappen; die Gallenblase wird aber hie und da vermißt, wie z. B. bei den Tauben und Papageyen. Bei den Säugethieren kommen oft zwei, oft auch sechs bis acht Lappen vor, wie bei den Nagern und Affen, während die Gallenblase wieder oftmals fehlt, wie bei den ächten Walen, mehren Wiederkäuern (Hirsch, Kameel u. s. w.), dem Pferde, mehren Dickhäutern u. s. w. Beim Menschen besteht die etwa 4 Pfd. wiegende Leber aus einem rechten großen und linken kleinern Lappen, der den Magen von rechts her überragt;*) hinter dem rechten Lappen liegt die Gallenblase, und die in ihr angesammelte Galle sowohl, als die direct aus der Leber kommende werden durch den sog. Gallengang in den obern Theil des Dünndarms entleert.

---

*) Ueber den feinern Bau der Leber (s. Vortrag 13).

Woraus nun besteht die Galle? Wie wirkt sie auf die chymisicirten Nahrungsmittel ein? — Lange Zeit hindurch haben diese äußerst schwierig zu beantwortenden Fragen die Physiologen beschäftigt; sind wir aber in Betreff der ersteren durch Strecker's schöne Untersuchungen zu einer bestimmten Aufklärung gelangt, so haben uns die Forschungen insonderheit von Lenz, Bidder, Schmidt, Nasse, Arnold u. A. die Antwort auf die zweite geliefert. Folgende kurze Bemerkungen mögen in Beziehung darauf hier ihren Platz finden.

Im reinen und normalen Zustande stellt die Galle eine vollkommen klare und durchsichtige Flüssigkeit von verschiedener Dichtigkeit dar. Ihr Wassergehalt schwankt bei verschiedenen Thieren, und je nachdem sie längere oder kürzere Zeit in der Gallenblase verweilte oder frisch von der Leber abgesondert wird, zwischen 85 und 97 Proc. Ihre Farbe wechselt dabei je nach der Nahrung, und ebenfalls je nach dem längern oder kürzern Verweilen in der Gallenblase. Bei den Pflanzenfressern ist sie bald gras-, bald olivengrün, bei den Fleischfressern mehr gelblich, bald hellgoldgelb, bald tiefgelbbraun, und je länger sie in der Gallenblase verweilt, um so mehr nimmt sie, in Folge der Oxydation ihres Farbstoffes durch den Sauerstoffgehalt des Blutes, die grüne Farbe an. Durch die Beimischung von Schleim wird sie zähe; ihre Reaction bleibt im Normalzustande aber immer eine neutrale. Chemisch betrachtet besteht sie dabei aus folgenden Bestandtheilen. Abgesehen von dem Wasser wird die Hauptmasse von zwei sog. gepaarten Säuren gebildet, der sog. Glycocholsäure und Taurocholsäure, von denen jene aus der Paarung oder Verbindung von Cholsäure und Glycocoll, diese aus der Paarung von Cholsäure und Taurin hervorgeht. Die stickstofffreie Cholsäure stammt sehr wahrscheinlich her von den Fetten, das stickstoffhaltige Glycocoll und das stickstoff- und schwefelhaltige Taurin dagegen von den stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Blutes, Angaben, die sich leider bis dahin noch nicht genauer präcisiren lassen. Beide diese Säuren sind nun aber in der Galle mit Natron zu Salzen verbunden, und wir bezeichnen die letztere demnach nicht unrichtig als eine Lösung von glycocholsaurem und taurocholsaurem Natron. Neben diesen Bestandtheilen, auf deren Zusammen-

setzung, Abstammung u. s. w. wir später noch wieder zurückkommen, findet sich als zweiter der eigenthümliche, sehr wahrscheinlich aus dem Farbstoff der Blutkörperchen hervorgehende Gallenfarbstoff, und als dritter das bisher fälschlich zu den Fetten gezählte Cholestearin, neben einigen Fetten und Fettseifen. Diese sämmtlichen Stoffe gehören in die Classe der organischen Verbindungen. Als unorganische finden sich aber neben ihnen, außer dem schon oben genannten Natron, Chlornatrium, geringe Mengen phosphorsauren Natrons, phosphorsauren Kalkes, phosphorsaurer Magnesia und Spuren von Eisen. So constituirt tritt nun die Galle in einer durchschnittlichen, durch reichlichen Wassergenuß leicht zu vermehrenden Menge von 2 Pfd. per Tag (bei einem Menschen von 130 Pfd. Körpergewicht) in den Darmcanal ein, mischt sich mit dem Speisebrei und trägt zunächst, in Gemeinschaft mit dem Secrete der Bauchspeicheldrüse und der Darmdrüsen, dazu bei, die saure Reaction des Speisebreies zu vermindern. Insonderheit ist es das mit den Gallensäuren verbundene Natron, welches sich von diesen wieder trennt, mit der stärkeren Salzsäure des Chymus zu Kochsalz verbindet und damit eben die Säure des letztern abstumpft. Doch es ist das keineswegs die wesentliche Bedeutung der Galle. Diese besteht vielmehr, sofern wir nur ihre Beziehung zum Verdauungsproceß in Betracht ziehen, in einer eigenthümlichen physikalischen Einwirkung auf den Fettgehalt der Nahrungsmittel und auf die Wandungen des Darmcanals. Während sie nämlich durch ihre Vermischung mit den Fetten des Speisebreies eine äußerst feine Vertheilung derselben zu feinsten Fettkügelchen herbeiführt, bedingt sie dadurch, daß sie die Oberfläche und insonderheit die Zotten des Darmcanals benetzt, die Fähigkeit dieser, das Fett aufzusaugen, eine Thatsache, die nicht nur dadurch bestätigt wird, daß bei mangelnder Gallenzufuhr zum Darmcanal das Fett denselben unverdaut verläßt, sondern auch durch die interessanten Experimente von Wistinghausen zur größten Wahrscheinlichkeit, wenn nicht Gewißheit erhoben ist. Das Fett hat eine mechanische Verwandtschaft zur Galle, und durch Wistinghausen wissen wir, daß wenn man von zwei Capillarröhrchen das eine mit Wasser, das andre mit Galle benetzt und beide in Oel stellt, das letztere in dem mit Galle benetzten Röhrchen 12—14 Mal höher steigt, als in dem mit Wasser

benetzten. Damit ist die wesentlichste Beziehung der Galle zum Verdauungsproceß bezeichnet. Aber ihre Aufgabe im Lebensproceß des Thieres ist auch damit noch nicht erschöpft. Es ist vielmehr durch Berechnung gefunden, daß die Galle fast zu $^7/_8$ ihrer ganzen Menge im Darmcanal selbst wieder aufgesogen, von den Nahrungssaft- oder Blutgefäßen aufgenommen und somit selbst wieder zur Ernährung des Körpers verwandt wird. Legt man Thieren sog. Gallenfisteln an und leitet durch diese die Galle aus dem Körper ab, oder ist in Krankheiten der Gallenabfluß behindert, so erreicht namentlich im erstern Falle der Appetit eine ungewöhnliche Höhe, und es ist diese Freßgier in diesem Falle nicht allein Folge der durch den Mangel an Galle behinderten Fettaufsaugung im Darmcanal, sondern auch Folge des Ausfalls der Galle selbst, die nun nicht weiter für die Ernährungsvorgänge des Organismus verwandt wird. So wird die Leber gewissermaaßen zu einer Vorrathskammer, in welcher bis dahin noch nicht zur Körperernährung verwandte Bestandtheile der Nahrungsmittel aufgespart werden, um erst in einem zweiten Umlauf diese oder jene Verwendung zu finden. Wäre sie nicht da, so würden die Nahrungsbedürfnisse um Vieles bedeutender sein, und die Sorge also, daß nichts für die Ernährung Verwendbares verloren gehe, bildet eine der mannigfachen, später noch näher zu bezeichnenden Aufgaben, die ihr von der Natur übertragen sind.

Sind den Nahrungsmitteln nun Mundspeichel, Magensaft, Bauchspeichel und Galle beigemischt, so fließt ihnen schließlich noch der Absonderungssaft der in der Schleimhaut des Darmcanals gelegenen, verschiedenartigen Drüsen, der sog. Darmsaft zu, und diesem liegt es ob, die letzten bisher noch nicht erfolgten Metamorphosen der Nahrungsmittel herbeizuführen. Es hat dieser Saft darin eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Magensaft, daß auch er Zellen und Zellkerne enthält, und auch die Mehrzahl der Drüsen, welche ihn liefern (die sog. Lieberkühn'schen Drüsen), gleicht ganz den Magendrüsen (vgl. Fig. 183 S. 235). In der That begegnen wir hier abermals dem auffallenden Vorgange einer freien Zellenbildung behuf Erzeugung eigenthümlicher Fermente. Allein es unterscheidet sich der Darmsaft doch dadurch wesentlich vom Magensaft, daß er nicht sauer, sondern stark alkalisch reagirt und also

gleich Galle und Bauchspeichel, zur Abstumpfung der Säure des Speisebreies beiträgt. Ueber seine weitere chemische Zusammensetzung wissen wir, wegen der Schwierigkeit ihn gesondert zu gewinnen, sehr wenig. Dennoch aber steht es durch Bidder's und Schmidt's Untersuchungen fest, daß er nicht nur die Fähigkeit besitzt, gleich dem Magensaft, eiweißartige Nahrungsstoffe aufzulösen, sondern auch Stärkmehl in Zucker verwandelt und somit für die Auflösung und Metamorphose desjenigen Theils der wesentlichsten Nahrungsbestandtheile sorgt, der bis dahin und durch die zuvor zugemischten Verdauungssäfte noch gar nicht oder noch nicht hinreichend aufgelöst oder metamorphosirt war.

Damit sind denn die Vorbereitungsstadien der Nahrungsmittel durchlaufen. Die eiweißartigen Bestandtheile sind aufgelöst, haben ihre Gerinnbarkeit verloren, und sind zur Aufsaugung geschickt gemacht; die Fette sind auf's Feinste vertheilt; das Stärkmehl ist in Traubenzucker, der Traubenzucker in Milchsäure, und die Milchsäure im untern Theil des Darmcanals schon weiter zu Buttersäure verwandelt, der Rohrzucker ist in Traubenzucker, und dieser ebenfalls wieder in Milchsäure, eventualiter Buttersäure metamorphosirt. Alle übrigen, in Wasser löslichen Bestandtheile der Nahrungsmittel, so wie auch die für den Ernährungsproceß so äußerst wichtigen unlöslichen und löslichen unorganischen Bestandtheile derselben, sind dem Gemisch von Stoffen, welches wir jetzt Chylus oder Nahrungssaft nennen, beigefügt und, so zubereitet, wird dasselbe nun von dem reichen, die Schleimhaut des Darmcanals durchziehenden Blutgefäßnetz, so wie von den Zotten derselben und den in diesen gelegenen Endigungen der sog. Chylusgefäße aufgesogen, oder in niedern Thieren in andrer Weise der Körpersubstanz zugeführt. Das ist die Nahrung, die den Boden des Thieres tränkt, die es sich, verschieden von der ihre Nahrung fertig gebildet im Boden vorfindenden Pflanze, selbst erst zubereitet hat, aus der es jetzt seinen Körper aufbauen oder verjüngen soll. Was den Nahrungsmitteln an unauflösbaren, unverdaulichen Substanzen unvermeidlicher Weise beigemischt war, was in Folge zu massenhafter Aufnahme von Nahrungsmitteln nicht verdaut, nicht aufgelöst werden konnte, was geradezu zur Ausscheidung aus dem Organismus bestimmt ist, wird durch den

untern Theil des Darmcanals zur Ausscheidung gebracht, um als verwesender Stoff, als Dünger dem Leben der Pflanze wieder Nahrung zu geben. Wenn aber aufgesogen von den Blutgefäßen und Zotten der Schleimhaut des Darmcanals, wie wird aus dem Nahrungssaft Blut, wie wird dasselbe in alle Theile des Organismus hinein verbreitet, welche weiteren Schicksale harren seiner? Suchen wir die Antwort auf diese Frage in unserer nächsten Betrachtung. —

unteren Theil des Darmcanals zur Ausscheidung gebracht, um als verwesender Stoff, als Dünger dem Leben der Pflanze wieder Nahrung zu geben. Wenn aber aufgesogen von den Blutgefäßen und Zotten der Schleimhaut des Darmcanals, wie wird aus dem Nahrungssaft Blut, wie wird dasselbe in alle Theile des Organismus hinein verbreitet, welche weiteren Schicksale harren seiner? Suchen wir die Antwort auf diese Frage in unserer nächsten Betrachtung. —

Dreizehnter Vortrag.

Blutbildung und Bluteirkulation, nebst allgemeinen Bemerkungen über den Bau der Drüsen, die Bildung der Drüsensäfte und den Aufbau der Gewebe des Thierkörpers.

„Aus Blatt und Frucht geht Blut und Fleisch hervor; zur regsamen Nervenfaser gestaltet sich, was die Pflanze zusammengefügt." Folgen wir denn Schritt vor Schritt den weitern Schicksalen der Nahrungsstoffe, nachdem wir sie bis zur Umwandlung zum Nahrungssaft oder Chylus bereits begleitet haben.

Der Gang der in Frage stehenden Ereignisse ist uns im Allgemeinen, wenn auch nur in Bezug auf höher entwickelte Thiere, schon aus der früheren Skizze vom „Kreislauf des Stoffes" bekannt. Aus dem Chylus wird Blut, das Blut wird allen Theilen des Organismus in raschem und ununterbrochenem Flusse zugeführt, aus ihm regeneriren und bauen sich die einzelnen Formbestandtheile des Körpers auf, und die Produkte des Zerfalls derselben kehren endlich wieder zu ihm zurück, um, zeitweilig mit ihm vermischt, doch bald und in bestimmten Organen wieder auszuscheiden und einen Ausweg aus dem Organismus überhaupt zu suchen. Fügen wir jetzt noch hinzu, daß das Blut gleichzeitig die Quelle all jener verschiedenen Absonderungssäfte der Drüsen bildet, die wir im vorhergehenden Vortrage kennen lernten, daß es in der Stoffaufnahme von außen und in der Stoffabgabe nach außen gewissermaaßen nur seine physiologischen Anfangs- und Endpunkte findet, in der Mitte zwischen beiden aber an vielen Stationen hohe und niedrige Zölle (Speichel, Magensaft, Galle, Thränenfeuchtigkeit u. s. w.) zu entrichten hat, die ihm freilich vor dem Gewinn seines Endpunktes allemal in einer oder der andern Weise zurückerstattet werden, dennoch aber einmal gezahlt werden müssen. Wir gelangen damit zu dem Begriffe vom Blute, als einer beständigen Wechseln von

Ebbe und Fluth unterliegenden Flüssigkeit, einer Flüssigkeit, die nicht nur die für den Körperbau und die Körpererhaltung verwendbaren Einnahmen, sondern auch die für den Organismus selbst werthlosen, dem Erdboden aber als Tauschsumme darzubringenden Ausgaben in sich schließt; und in der That, wir können das Blut in dieser Beziehung gegenüber der Außenwelt und gegenüber den Organen des Thierkörpers nicht passender, als mit einer Landescasse vergleichen, die dem Auslande gegenüber Einnahmen und Ausgaben im Gleichgewicht halten soll, inzwischen aber, für ein gedeihliches Leben im Innern des Landes sorgend, tausendfache einzelne Ausgaben zu bestreiten, aber auch eben so viel Einnahmen, wenn auch oft in andern Münzsorten, zu erheben hat. Welch' mächtige Differenz von den gleichen Lebensvorgängen der Pflanze! Bei dieser stetes Wachsthum bis zum gänzlichen Untergang, beim Thiere nur zeitweilige Zunahme, dann Stillstand oder Abnahme. Bei jener keine besondere Vorbereitung der Nahrungsmittel, keine Abnutzung des einmal assimilirten, angebildeten Stoffes, beim Thier eine lange Reihe von Verdauungsvorgängen und ständiger Verbrauch und Zerfall der schon zu Formbestandtheilen des Körpers umgewandelten Stoffe. Bei jener, entsprechend der andauernden Anbildung, Ausscheidung von nur wenigen unbrauchbaren Stoffen durch die Oberfläche des Organismus, beim Thier, dem ständigen Zerfall der Gewebe und Gewebsflüssigkeiten entsprechend, auch ständige und quantitativ bedeutende Ausscheidung von Stoffen, deren verschiedenartige Qualität, neben der Oberfläche des Körpers, die Gegenwart und Hülfe noch anderweitiger ausscheidender Organe erforderlich machte! Doch es werden auch diese allgemeineren Verhältnisse leicht in die Augen springen, sobald wir nur die in Frage stehenden Lebensvorgänge im Speciellen verfolgt haben. Gehen wir also ohne Weiteres zur Darstellung derselben über. —

Wir wollen dabei auch hier wieder, um auf einem verwickelten Gebiete von Erscheinungen die Uebersicht nicht zu verlieren, die Wege selbst, welche die Nahrungsstoffe gehen, zum Anhalt nehmen, und ausgehend also von dem Uebertritt des Nahrungssaftes in die Gewebe des Thierkörpers und, im höhern Thiere, in das Gefäßsystem desselben, zunächst der Metamorphose des Nahrungssaftes zu Blut, der Verbreitung desselben in alle Theile des Organismus hinein, und den Apparaten,

welche für diese Verbreitung Sorge tragen; sodann der Beziehung des Blutes zu den den Verdauungsvorgängen dienenden, ihren Absonderungssaft also in das Innere des Körpers ergießenden Drüsen und zu dritt endlich der Bildung der einzelnen Formbestandtheile des Organismus vom Blute aus unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Ziehen wir zunächst nur die höhern Thierformen in Betracht, so wird der im Darmcanal zubereitete Nahrungssaft von zwei verschiedenartigen Gefäßsystemen aufgenommen: von dem Blutgefäßsystem, welches sich in der Form eines feinen Netzes in der Schleimhaut des Darmcanals verbreitet und von den sog. Chylusgefäßen, die insonderheit in den schon früher erwähnten Zotten des letztern ihren Ursprung nehmen. Es bilden diese Darmzotten warzenförmige Hervorragungen der Schleimhaut von $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{5}$ ''' Länge (Fig. 183), und den ganzen

Fig. 183. *)



Fig. 184. **)



*) Durchschnitt durch die Wandungen des untersten Theiles des Dünndarms vom Kalbe. (Nach Kölliker Mikroscop. Anatom. S. 153. Bd. II. 2.) — a Darmzotten. b Die den Magendrüsen (Fig. 181) ähnlichen sog. Lieberkühn'schen Darmdrüsen. c Muskelfasern der Schleimhaut. d Geschlossene, sog. Peyer'sche Drüsenbälge, deren physiologische Bedeutung noch nicht klar erkannt ist. e Unterste Lage des Schleimhautgewebes. f Ringmuskelfasern, die den Darm ringförmig umfassen. g Längsmuskelfasern des Darms. h Aeußere glatte, seröse Haut des Darms.

**) Durchschnitt durch eine einzelne Darmzotte eines Kaninchens (c. 50mal

Dünndarm entlang vorhanden, stehen sie namentlich in den obern Theilen desselben (in dem sog. Zwölffinger= und Leerdarm) so dicht gedrängt, daß ihrer 50—90 den Raum von nur einer Quadratlinie bedecken, und der Schleimhaut selbst dadurch ein sammetartiges Ansehen verleihen. Unter dem Mikroscop betrachtet, zeigt ihr Bau aber folgende Eigenthümlichkeiten. Ihre Grundlage wird, gleich wie die der Schleimhaut, von einer bindegewebartigen Masse, welcher nach Brücke's neuern Untersuchungen an der Wurzel einige glatte Muskelfasern verbunden sind, gebildet. Diese Masse wird außen von einem Netz zartester Blutgefäße (Capillaren) umstrickt (Fig. 185) und enthält in ihrem Innern ein sog. Chylusgefäß, welches, blind beginnend, die Zotte alsbald verläßt,

Fig. 185.*)

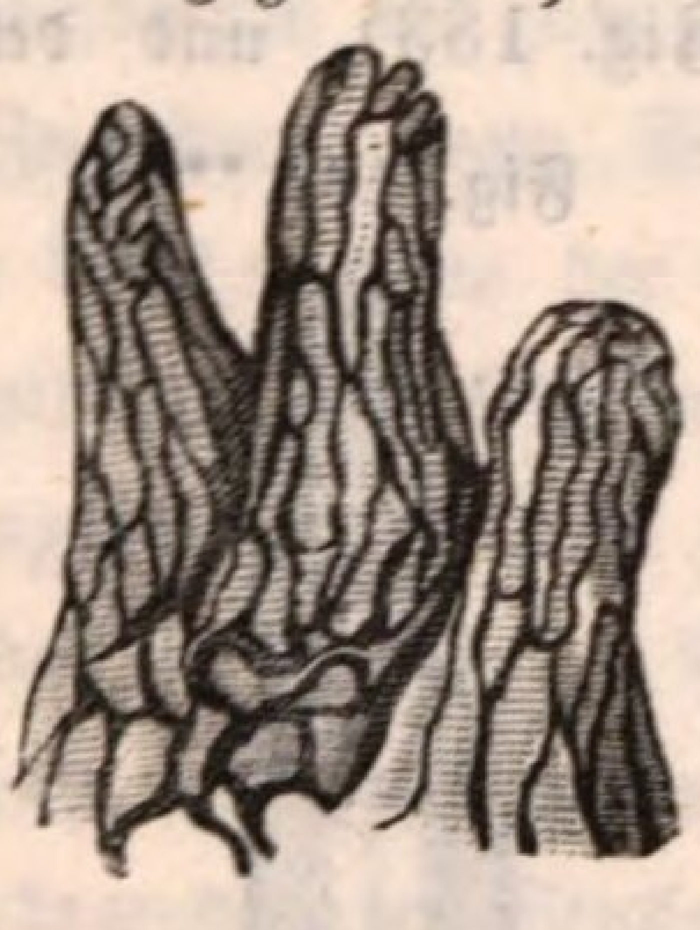
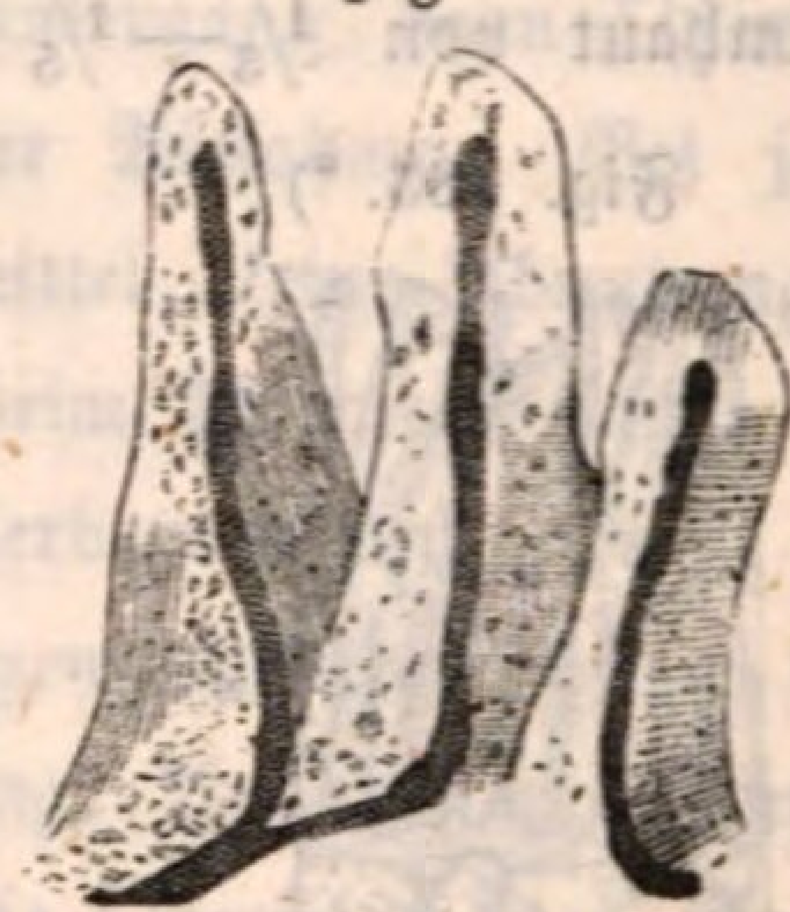


Fig. 186.**)



sich mit den benachbarten gleichen Gefäßen zu kleinen Aesten vereinigt, durch die Muskelhaut des Darms hindurchdringt und nun in der serösen Haut und deren Fortsetzung, dem Gekröse, zu immer größern Stämmen zusammenfließend, als sog. Lymphgefäß fortläuft (s. Fig. 186 u.

---

vergr. Nach Kölliker a. a. O.) a 1 1 Epithelialzellen, welche die Zotte bekleiden (dieselben sind in b bedeutend vergrößert dargestellt). — 2 Die eigentliche Zotte. —

*) Das Blutgefäßnetz menschlicher Darmzotten. — Die Epithelialzellen der Zotte sind entfernt. (Nach Kölliker a. a. O.)

**) Die centralen Chylusgefäße der Zotten, mit aufgesogenem Nahrungssafte (Körnchenmasse) erfüllt. — In dieser Weise finden sich die Chylusgefäße gegen das Ende der Auffaugungszeit. Auch hier sind die Epithelialzellen entfernt. (Nach O. Funke, Beiträge zur Physiologie der Verdauung in Siebold's und Kölliker's Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. 6. Hft. 3 u. 4. Taf. XII. Fig. 7.)

189). Dabei ist die Zotte an ihrer ganzen Oberfläche von dicht gedrängten, cylinderförmigen Epithelialzellen (s. Fig. 184 a u. b) bekleidet, und sollen Nahrungsmittel in die Blut- oder Chylusgefäße derselben eindringen, so müssen sie immer erst durch diese Zellenschicht hindurchtreten. Von da werden sie dann in die Blutgefäße aufgenommen, oder bahnen sich durch das Grundgewebe der Zotte hindurch, wie durch einen Schwamm, einen Weg, um so, bald in einzelnen Strömchen, bald auch das Zottengewebe ganz durchtränkend (Fig. 187), in die Nähe des

Fig. 187.*)



centralen Chylusgefäßes zu gelangen, welches sie dann in ähnlicher Weise, wie es die Blutgefäße thaten, aufsaugt. So fein muß also aller Nahrungsstoff vertheilt und aufgelöst sein, daß er nicht nur die geschlossenen Epithelialzellen, sondern auch die Wandungen der Blut- und Chylusgefäße durchdringen kann; und daß er diese Wege thatsächlich nimmt, davon überzeugen uns die mikroscopischen Untersuchungen der Darmzotten von Thieren, welche sich eben in dem Stadium der Verdauung befinden, wo die Auffaugung der Nahrungsstoffe im Darmcanal Statt hat.

*) Die Darmzotten im Stadium der Auffaugung selbst. — Die Fettkörnchen u. s. w. durchdringen die Epithelialzellen, die von den Zotten getrennt und bedeutend vergrößert dargestellt sind (s. 2.), bahnen sich in der Form kleiner Straßen (a a) den Weg zu dem centralen Chylusgefäß der Zotten (b) oder erfüllen dieselben auch ganz, wie bei c, und fließen endlich in einem mehren Zotten gemeinschaftlichen Chylusgefäßstamme (d) zusammen. (Nach Funke a. a. O.)

Doch wozu der doppelte Weg? Weshalb einerseits der directe Uebergang der Nahrungsstoffe in das Blutgefäßsystem, andrerseits aber der weite Umweg derselben durch die Chylus- und Lymphgefäße? Die Antwort ist nicht schwer. Ein Theil der Nahrungsstoffe mußte so rasch als möglich dem Blute einverleibt werden, damit gewisse durch Abgabe der Verdauungssäfte entstandene Verluste desselben wieder gedeckt, der Leber gleichzeitig aber auch gewisse, zur Gallebereitung erforderliche Stoffe zugeführt werden. Ein andrer Theil mußte dagegen vor seinem Uebertritt in's Blut noch gewisse Metamorphosen erfahren, mußte durch diese selbst den so wesentlichen Bestandtheilen des Blutes, den Blutkörperchen, zur Geburtsstätte werden, und diese Metamorphosen würden in andrer Weise, als auf dem fraglichen Umwege, schwerlich zu erreichen gewesen sein. Ganz diesen Zwecken entsprechend finden wir denn auch, daß Blut- und Chylusgefäße die Nahrungsstoffe nicht etwa ohne Unterschied ihrer Qualität aufnehmen, gewisse Bestandtheile des Nahrungssaftes vielmehr vorzugsweise von den ersteren, andre vorzugsweise von den letztern aufgesogen werden, und während jene den Anforderungen des Blutes Genüge leisten, wird durch diese für die Herstellung einer zellenbildungsfähigen Flüssigkeit Sorge getragen. Im Allgemeinen läßt sich in dieser Beziehung behaupten, daß diejenigen Stoffe, welche thierische Häute mit Leichtigkeit durchdringen, mit Leichtigkeit „resorbirt" werden, von den Blutgefäßen, diejenigen dagegen deren Resorptionsfähigkeit geringer ist, von den Chylusgefäßen aufgenommen werden. Fragen wir aber weiter, welches die mehr oder weniger resorptionsfähigen Stoffe sind, so wissen wir, daß die Blutgefäße, ohne eiweißartige Substanzen und Fett ganz auszuschließen, doch vorzugsweise das Wasser, den Alkohol, den Zucker, die organischen sowohl, als unorganischen Säuren, die neutralen Salze und gewisse Alkaloïde (s. Bd. I. S. 36), die Chylusgefäße dagegen vorzugsweise die eiweißartigen Stoffe und das Fett, in Verbindung mit einigen mineralischen Bestandtheilen, aufsaugen, eine Vertheilung, die denn in der That dort den Anforderungen des an Wasser und gewissen für die Erzeugung der thierischen Wärme u. s. w. erforderlichen Stoffen verarmten Blutes, hier aber denjenigen einer zellenbildungsfähigen Flüssigkeit entspricht. — Und was zwingt den Stoff überhaupt, sei es in Blut- oder Chylus-

gefäße, überzutreten? Weshalb setzen sie nicht, unbekümmert um die Gefäße, ihren Weg durch den Darmcanal fort? In Betreff der Darmzotten befinden wir uns in dieser Beziehung leider noch sehr im Dunkeln. Wir wissen nur, wie bereits früher erwähnt, daß eine Benetzung des Epithelialzellenüberzuges der Zotten mit Galle die wesentlichste Bedingung für die Aufsaugung des Fettes bildet, und werden damit zu der Vorstellung hingedrängt, daß es sich hier zum Theil wenigstens um mechanische Verhältnisse handelt. Ob dies jedoch der einzige Grund der fraglichen, namentlich auch die eiweißartigen Substanzen betreffenden Aufsaugung ist? — Wir werden auf diese Frage später, bei Betrachtung der Drüsenabsonderungen, zurückkommen. — Anders dagegen in Betreff der Blutgefäße. In Bezug auf sie trifft auch hier unser obiger Vergleich der innersten Zellenlagen des Darmcanals mit den Wurzelzellen der Pflanze zu. Denn, in der That, wie bei ihnen, so scheint auch hier die Stoffaufnahme von Seiten der Blutgefäße mit Nothwendigkeit nach den Gesetzen der En- und Exosmose zu erfolgen, und zwar der Art, daß gewisse Nahrungsstoffe in die Blutgefäße eintreten, diese dafür aber gewisse zur Ausscheidung bestimmte oder für den Verdauungsvorgang selbst noch verwendbare Stoffe, insonderheit Wasser, zurückgeben. — Die schönen Arbeiten von Liebig, Funke, Bidder, Lenz, Becker, Lehmann u. A. haben uns in neuerer Zeit in dieser Beziehung manche überaus interessante Aufschlüsse gegeben. Einmal wissen wir, und insonderheit Liebig hat darauf in seinen Untersuchungen über die „Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus" aufmerksam gemacht, daß es sich hier um durchaus ähnliche Verhältnisse handelt, wie in der Pflanze. Gleich wie in dieser findet an der Oberfläche des thierischen Organismus, und nicht minder auf der Schleimhaut der Athmungsorgane, ständig eine Verdunstung von Wasser Statt. Die Folge davon ist, daß das Blut, abgesehen von der Ausgabe des Wassers auf andern Wegen, ständig einen gewissen Concentrationsgrad bewahrt, und als weitere Folge ergiebt sich, daß die concentrirtere Flüssigkeit ständig auch eine anziehende, auffaugende, je nach dem Concentrationsgrade selbst stärkere oder schwächere Wirkung gegen den wasserreicheren, verdünnteren Inhalt des Darmcanals ausübt. Andrerseits wird aber die fragliche Stromrichtung noch durch manche besondere

Verhältnisse begünstigt, und als solche kennen wir insonderheit die alkalische Beschaffenheit des Blutes gegenüber der sauren des im Darmcanal enthaltenen Nahrungssaftes, die fortwährende Bewegung des Blutes, wodurch in jedem Augenblick die aufsaugende Flüssigkeit erneuert und der Eintritt eines Gleichgewichtszustandes zwischen Blut und Darminhalt vermieden wird, die Anziehung, welche das Blut auf zuckerhaltige Flüssigkeiten ausübt u. s. w. In Betreff des letztern Verhältnisses hat uns namentlich Becker durch eine Reihe trefflicher Experimente Aufschluß gegeben. Ihm verdanken wir den Nachweis, daß für jedes in das Blut übertretende Zuckertheilchen etwa sieben gleiche Gewichtstheilchen Wasser vom Blute zurückgegeben und in den Darmcanal hinein abgesondert werden, ein Verhältniß, welches sich bei Diffusionsversuchen außerhalb des Organismus in gleicher Weise bestätigt findet und einen Beweis dafür liefert, daß der Diffusionsvorgang selbst in die Vorgänge der Auflösung der Nahrungsmittel im Darmcanal noch wieder fördernd eingreift. Welch' wunderbare Complication und Harmonie der verschiedenartigsten Vorgänge! Verschiedenartiges Aufsaugungsvermögen der Chylusgefäße einer-, der Blutgefäße andrerseits; in Folge davon Trennung der Nahrungsstoffe in ein zellenbildungsfähiges Material und in ein schleunig erforderliches Ersatzmaterial für das verarmte Blut; gleichzeitig ein Austausch der in das Blut aufzunehmenden Stoffe gegen andre, die im Darmcanal selbst noch verwandt werden sollen, und nicht etwa nur als gleichgültiges Tauschquantum zu betrachten sind; gleichzeitig ferner ein ständiger Fortlauf der Verdauungsvorgänge im Darmcanal, allmälige Veränderung der Reaction seines Inhaltes *) und damit wieder Veränderung und allmähliger Nachlaß der Aufsaugung von Seiten der Blut- und Chylusgefäße selbst! —

Doch wir dürfen uns hier nicht näher auf die Darlegung dieser Verhältnisse einlassen. Genüge es, angedeutet zu haben, daß zwischen Blut und Darminhalt ähnliche Beziehungen statthaben, wie zwischen dem Inhalt der Wurzelzellen der Pflanze und den den Erdboden tränkenden Flüssigkeiten, daß die Stoffaufnahme von Seiten des Blutes von strengen Gesetzen beherrscht ist, und ihnen zufolge ihm die im Darmcanal enthaltenen Nahrungsstoffe eben zufließen müssen. Verhehlen

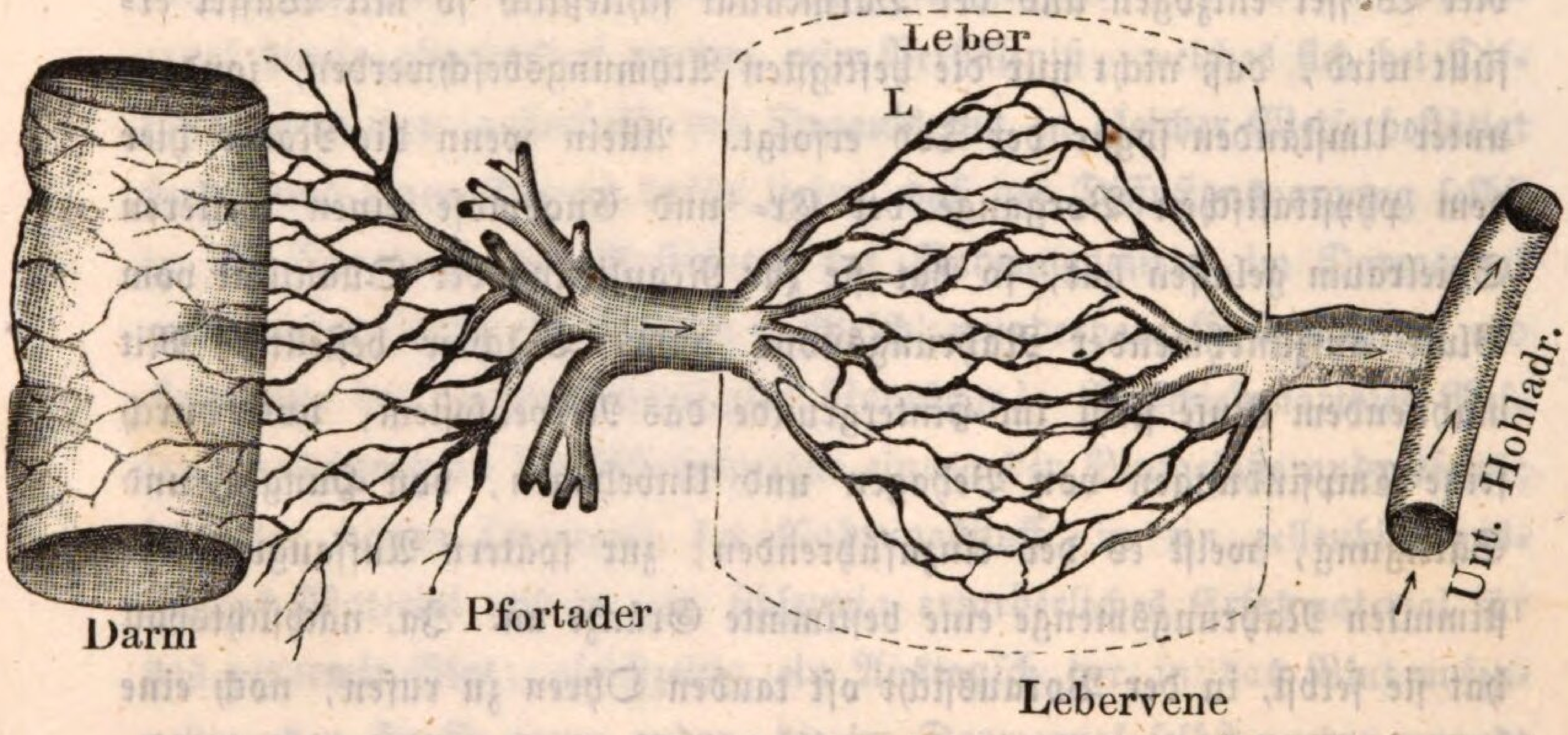
*) S. Vortrag 12. S. 226.

wir es uns dabei jedoch nicht, daß sich diese Gesetze im Allgemeinen mehr auf den Gesammtvorgang der Stoffaufnahme, als auf die Quantität der aufzunehmenden Stoffe zu erstrecken scheinen. Nur zu wohl wissen wir aus täglicher Erfahrung, daß gar leicht vom Blute dem Wohlbefinden nachtheilige Mengen von Nahrungsstoffen und Getränken aufgenommen werden, wissen es ferner, daß durch Ueberfüllung des Darmcanals mit gewissen Stoffen dem Blute auch immer gewisse Bestandtheile zum Nachtheil der Gesundheit entzogen werden, wie es denn z. B. Thatsache ist, daß durch die Anfüllung des Darmcanals eines Thieres mit einer sehr concentrirten Zuckerlösung dem Blute so viel Wasser entzogen und der Darmcanal schließlich so mit Wasser erfüllt wird, daß nicht nur die heftigsten Athmungsbeschwerden, sondern unter Umständen sogar der Tod erfolgt. Allein wenn die Natur hier dem physikalischen Vorgange der Ex- und Enosmose einen weiteren Spielraum gelassen hat, so hat sie zur Regulirung der Quantität vom Blute aufzunehmender Nahrungsstoffe andre Wächter bestellt. Mit mahnendem Rufe steht im Hintergrunde das Nervensystem, und durch seine Empfindungen von Behagen und Unbehagen, von Hunger und Sättigung, weist es der einzuführenden, zur spätern Aufsaugung bestimmten Nahrungsmenge eine bestimmte Gränze an. Ja, nachsichtsvoll hat sie selbst, in der Voraussicht oft tauben Ohren zu rufen, noch eine weitere Vorsicht getroffen. Sie hat die Menge der Verdauungssäfte bestimmt und beschränkt. Was diese beschränkte und doch genügende Menge nicht aufzulösen vermag, muß ungelöst den Darmcanal wieder verlassen. Zu großer Nachtheil wird damit verhütet. Aber die unbehaglichen „Verdauungsbeschwerden" mahnen den Unfolgsamen doch an die Unzufriedenheit seiner „Natur," und schwere Strafen verhängt sie über den oftmaligen Ungehorsam. —

So also treten die Nahrungsstoffe in den Wirbelthieren in Blut und Chylusgefäße ein. Wohin führt sie jetzt ihr Weg? Wie werden sie fortbewegt? Wir sind darüber nicht mehr im Zweifel. Die zarten Blutcapillaren vereinigen sich, sobald sie die Zotten und übrige Schleimhaut des Darmcanals verlassen haben, zu immer stärkern und wenigern Aesten, fließen schließlich zu einem großen, gemeinschaftlichen Stamm, der sog. Pfortader zusammen, treten, so vereinigt,

in die Leber ein, und verzweigen sich hier nun wieder in tausend Aesten und Zweigen, um sich nach Abgabe gallebildender Stoffe abermals, und zwar in der Leber selbst, zu vereinigen und, als sog. Lebervene, der alsbald in das Herz einmündenden untern Hohlvene zu verbinden. Das ist das Bild eines Baumes, der mit Tausenden von Wurzelfasern im Darmcanal wurzelt, dessen Stamm ein Verbindungsglied bildet zwischen Darmcanal und Leber, dessen Krone sich aber in der Leber selbst verzweigt und unmittelbar in die Wurzelfasern eines neuen Stammes übergeht. Ein schematisches Bild mag uns das veranschaulichen (Fig. 188).

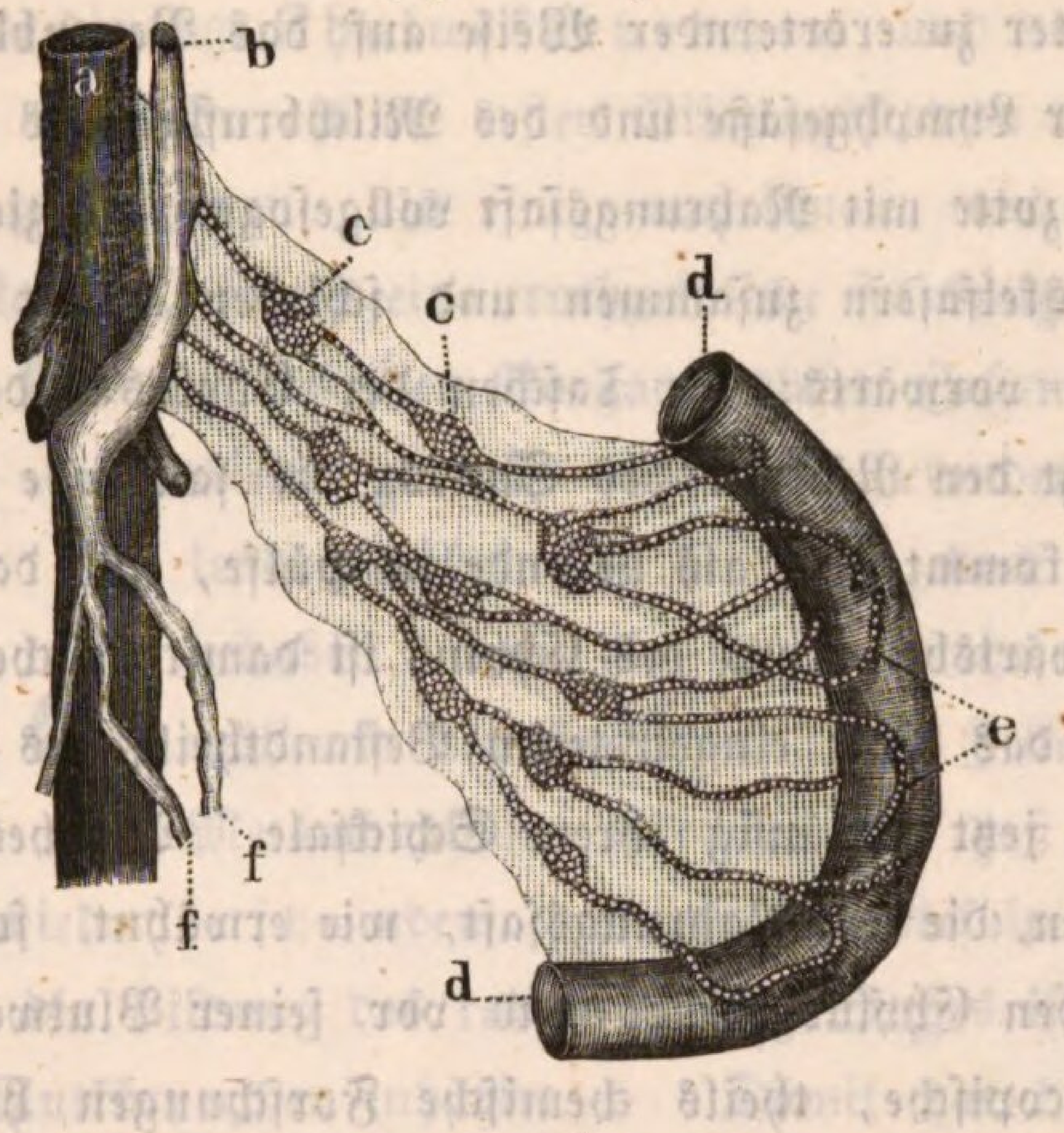
Fig. 188.



Anders aber mit den Chylusgefäßen. Wir verließen dieselben oben als Lymphgefäße im Gekröse und wissen es schon aus einem frühern Vortrage (Bd. I. S. 218), daß sie sich in letzterem zu immer stärkeren Aesten vereinigen und schließlich zu einem einzigen größern Stamm, dem sog. Milchbrustgang zusammentreten, welcher, vor der Wirbelsäule in die Höhe steigend, in der Gegend oberhalb des linken Schlüsselbeins in gewisse Blutadern (Venen) einmündet, und in diese hinein seinen Inhalt ergießt. Es bedarf hier jedoch noch der Erwähnung, daß die den später zu betrachtenden Venen sehr analog gebauten Lymphgefäße bei den höhern Wirbelthieren auf ihrem Wege im Gekröse gewisse Drüsen, die sog. Lymphdrüsen des Gekröses durchsetzen, um sich in diesen selbst zu verzweigen, an der dem Eintritt entgegengesetzten

Seite aber wieder als einfacher Stamm hervorzutreten (Fig. 189).

Fig. 189. *)



Durch diese Einrichtung wird eine Verlangsamung des Lymphstromes in den Drüsen selbst bedingt, es wird Zeit gewonnen, um einen Austausch zwischen gewissen Bestandtheilen des Blutes und des Chylus eintreten, und den letztern wichtige Metamorphosen erfahren zu lassen, ein Vorgang, welcher uns sehr wohl in seinen sogleich zu bezeichnenden Resultaten, weniger jedoch und kaum in seinem Wesen bekannt ist. —

Der Blutstrom also wendet sich der Leber zu; der Lymph- oder Chylusstrom steigt direct in die Höhe. — Die treibenden Kräfte für diese Bewegungen sind für den ersteren dieselben, welche die Strömung des Blutes überhaupt unterhalten. Für den Lymphstrom bedarf es dagegen besonderer Hebungs- oder Beförderungsmittel, und diese haben wir einmal in den oben (S. 236) erwähnten, den Wurzeln der Darmzotten vereinigten glatten Muskelfasern, sodann in den taschenförmigen,

*) Lymphgefäße und Lymphdrüsen im Gekröse zwischen Darmcanal und Milchbrustgang. a Die Aorta. b Milchbrustgang. cc Lymphdrüsen, zwischen und zu denen die Lymphgefäße verlaufen. ee Abgang der Chylusgefäße vom Darmcanal (dd). ff Lymphgefäße, die aus den untern Extremitäten u. s. w. zum Milchbrustgang verlaufen. Copie nach Milne-Edwards a. a. O. S. 58.

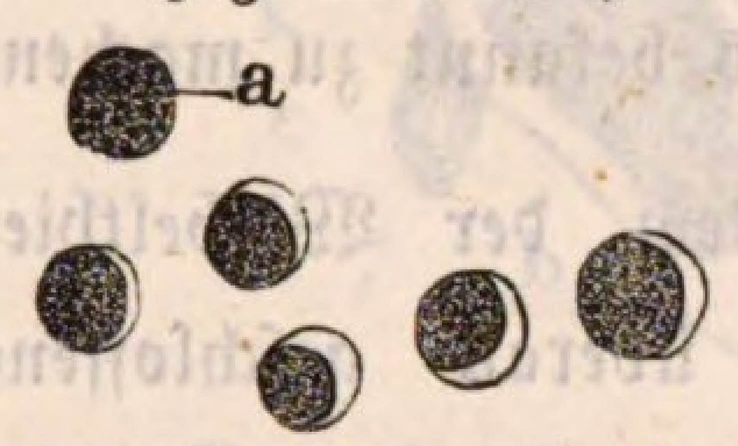
den Rückfall des Chylus verhindernden Klappen der Lymphgefäße, endlich aber auch in der saugenden Kraft zu suchen, welche die Athmungsorgane in später zu erörternder Weise auf das Venenblut sowohl, als den Inhalt der Lymphgefäße und des Milchbrustganges ausüben. Hat sich die Darmzotte mit Nahrungssaft vollgesogen, so ziehen sich die bezeichneten Muskelfasern zusammen und schieben damit den Inhalt des Chylusgefäßes vorwärts; die Taschen der Chylus- oder Lymphgefäße verhindern jetzt den Rückfall des Saftes; die saugende Kraft der Athmungsorgane kommt aber als hebende zu Hülfe, und das Emporsteigen oder die Vorwärtsbewegung des Chylus ist damit gesichert. —

Die in das Blut eingetretenen Bestandtheile des Nahrungssaftes überlassen wir jetzt vorläufig ihrem Schicksale. Welches aber sind die Metamorphosen, die der Nahrungssaft, wie erwähnt, sofort nach seiner Ankunft in den Chylusgefäßen und vor seiner Blutwerdung erfährt? Theils mikroscopische, theils chemische Forschungen haben uns Aufklärung darüber verschafft. Wir fassen die Ergebnisse derselben kurz in Folgendem zusammen:

In den ersten Anfängen der Chylusgefäße und ebenso in den die Darmzotten bekleidenden Epithelialzellen (s. Fig. 187 S. 237), findet man vorzugsweise kleinste Körnchen und Fetttröpfchen, welche massenhaft in einem weißgelblichen, milchigen, vorzugsweise aus eiweißartigen Stoffen bestehenden Fluidum suspendirt sind. Dieser Inhalt der Chylusgefäße, kaum noch verschieden von dem Nahrungssafte innnerhalb des Darmcanals, wird vorwärts geschoben. Aber kaum jenseits der Wand des Darmcanals angelangt, hat er schon eine andre Beschaffenheit. Die Fetttröpfchen sind meistens verschwunden; an ihrer Statt ist neben einzelnen ausgebildeten Zellen (Kölliker) eine große Anzahl dunkler, kleiner Körnchen aufgetreten, Körnchen, welche nach H. Müller's Untersuchungen aus Fett und eiweißartiger Substanz bestehen, und sonder Zweifel als die Kerne der sich weiterhin entwickelnden, zelligen sog. Chyluskörperchen zu betrachten sind. Der so beschaffene Inhalt der Lymphgefäße des Gekröses dringt wieder weiter vor. Er passirt die Lymphdrüsen. Und wie verhält er sich jenseits derselben? — Es muß in diesen Lymphdrüsen ein für die Zellenbildung wesentliches, uns noch unbekanntes Moment verborgen liegen, denn, auffallend genug,

jenseits von ihnen enthält der jetzt gelblich-weiße Chylus nicht nur Kerne, sondern auch eine große Anzahl 0,002—0,004 ''' im Durchm. haltender Zellen, die sog. Chyluskörperchen, und diese Zellen nun geben sich um so mehr als die ersten Bildungsstadien der zukünftigen Blutkörperchen zu erkennen, als einige von ihnen, und namentlich in dem Milchbrustgange, schon eine rothgelbliche Färbung zeigen (Fig. 189 a). Wir kommen auf den Vorgang dieser Zellenbildung später wieder zurück. Als eine besondere und auffallende Erscheinung sei hier jedoch schon hervorgehoben, daß die Kerne wahrscheinlich schon während der Ausbildung der Zellen verschiedene Metamorphosen durchlaufen, daß sie als solche nach und nach wieder verschwinden, das endliche Resultat ihrer Metamorphosen aber die Bildung des rothen Blutfarbstoffes ist, welcher den nun kernlosen Blutkörperchen inhärirt. — Damit hat der Chylus den höchsten Grad seiner Entwicklung erreicht. Er bildet jetzt ein rahmartiges, gelblich-weißes, Zellen tragendes Fluidum, welches in 1000 Th. etwa 935 Th. Wasser, 31 Th. Eiweiß, 4 Th. Zellen oder sog. Chyluskörperchen, 6 Th. nicht näher bestimmbare Extractivstoffe und eine nicht näher bestimmte Menge Faserstoff, 15 Th. Fett, 7 Th. Alkalisalze, 1 Th. Erdsalze und Spuren von Eisen enthält, eine Angabe, welche Nasse's Analyse des Chylus vom Pferde entnommen ist und, in Ermangelung einer Analyse vom menschlichen Chylus, ein allgemeines Bild von seiner Zusammensetzung geben mag. — Diese so gemischte, nach einer langen Reihe von Metamorphosen aus den Nahrungsstoffen hervorgegangene Flüssigkeit wird nun an der schon bezeichneten Localität dem Blute beigemischt, **) gelangt mit diesen zunächst in das

Fig. 189 a. *)



*) Chyluskörperchen oder Lymphkörperchen auf verschiedenen Stadien der Entwicklung aus dem Milchbrustgang des Menschen; a zeigt noch keine Zellenmembran, bei den übrigen hat sich dieselbe schon vom Kern abgehoben. 450—500mal vergröß. (Nach Ecker's Icon. physiol. Tab. III. Fig. 1 u. 2.)

**) Die Angaben über die täglich dem Blute zufließende Menge des Chylus differiren noch sehr. Während sie Vierordt für den erwachsenen Menschen auf circa 5 Pfd. schätzt, berechnet Bidder, daß sie eben so

Herz, von ihm aus in die Lungen, wird dort dem Einfluß des Sauerstoffs der Luft ausgesetzt, kehrt aus den Lungen wieder zum Herzen zurück, um endlich dann, und zwar durch das Blutgefäßsystem, in alle Theile des Körpers hinein verbreitet zu werden. — Doch um sie auf diesen ihren weiteren Bahnen verfolgen zu können, wird uns die Kenntniß der Bahnen selbst zur Nothwendigkeit. Lassen wir also für einen Augenblick auch den Chylus und seine weitere Verwendung außer Augen, und eilen, uns in Kürze mit dem Bau des Blutgefäßsystems, des sog. Cirkulationsapparates bekannt zu machen.

Im Allgemeinen bildet das Blutgefäßsystem der Wirbelthiere ein den ganzen Organismus durchziehendes, überall geschlossenes System von baumförmig verzweigten Röhren und feinsten Canälen, in dem das Blut vermöge verschiedener, zusammenwirkender Vorrichtungen und Kräfte, insonderheit aber vermöge des von dem Centralorgane des ganzen Apparates, dem Herzen, ausgeübten Druckes in raschem Flusse bewegt wird. Die Einrichtung der Röhren oder Canäle bleibt dabei überall dieselbe; das Centralorgan ist dagegen verschieden gebaut; anders bei den Fischen, anders bei den Amphibien, anders endlich bei den Vögeln und Säugethieren. Worin bestehen zunächst diese Verschiedenheiten?

Das Herz der Säugethiere und Vögel bildet einen kräftigen, derben, aus längs und quer verlaufenden Muskelbündeln bestehenden Schlauch, der, eingeschlossen in dem derbhäutigen, zum Theil mit einer klaren, gelblichen Flüssigkeit erfüllten Herzbeutel, durch diesen in seiner Lage befestigt, von den umgebenden Organen getrennt, und in seinen Bewegungen vor schädlichen Frictionen geschützt wird. Sowohl die Innenfläche des Herzbeutels, als die Oberfläche des Herzens selbst sind dabei von einer äußerst glatten, sog. serösen Membran überzogen, eine Einrichtung, durch welche der Schutz vor den eben angedeuteten Frictionen nur noch um so bedeutender wird. Und wie auf der Oberfläche, so ist der Herzmuskel auch im Innern von einer feinen, glatten, mit plattgedrückten Epithelialzellen bekleideten Haut überzogen, so daß das

groß sei, als die gesammte Blutmenge. (Vgl. Bidder und Schmidt: Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. S. 233.) —

Blut nicht unmittelbar mit dem Muskel, sondern zunächst mit dieser Haut in Berührung steht. Doch es ist das Herz kein einfacher Schlauch.

Fig. 190.*)

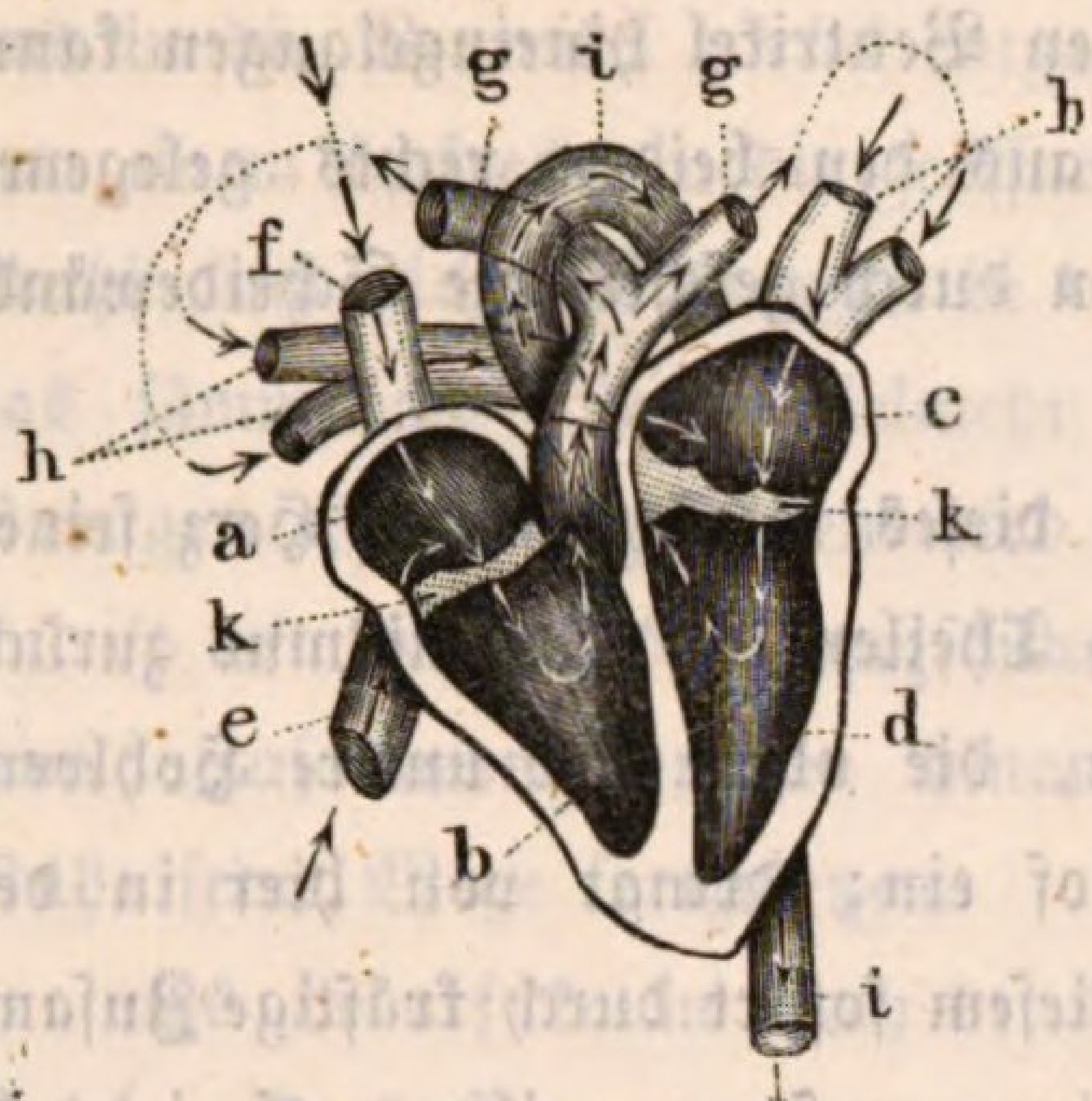
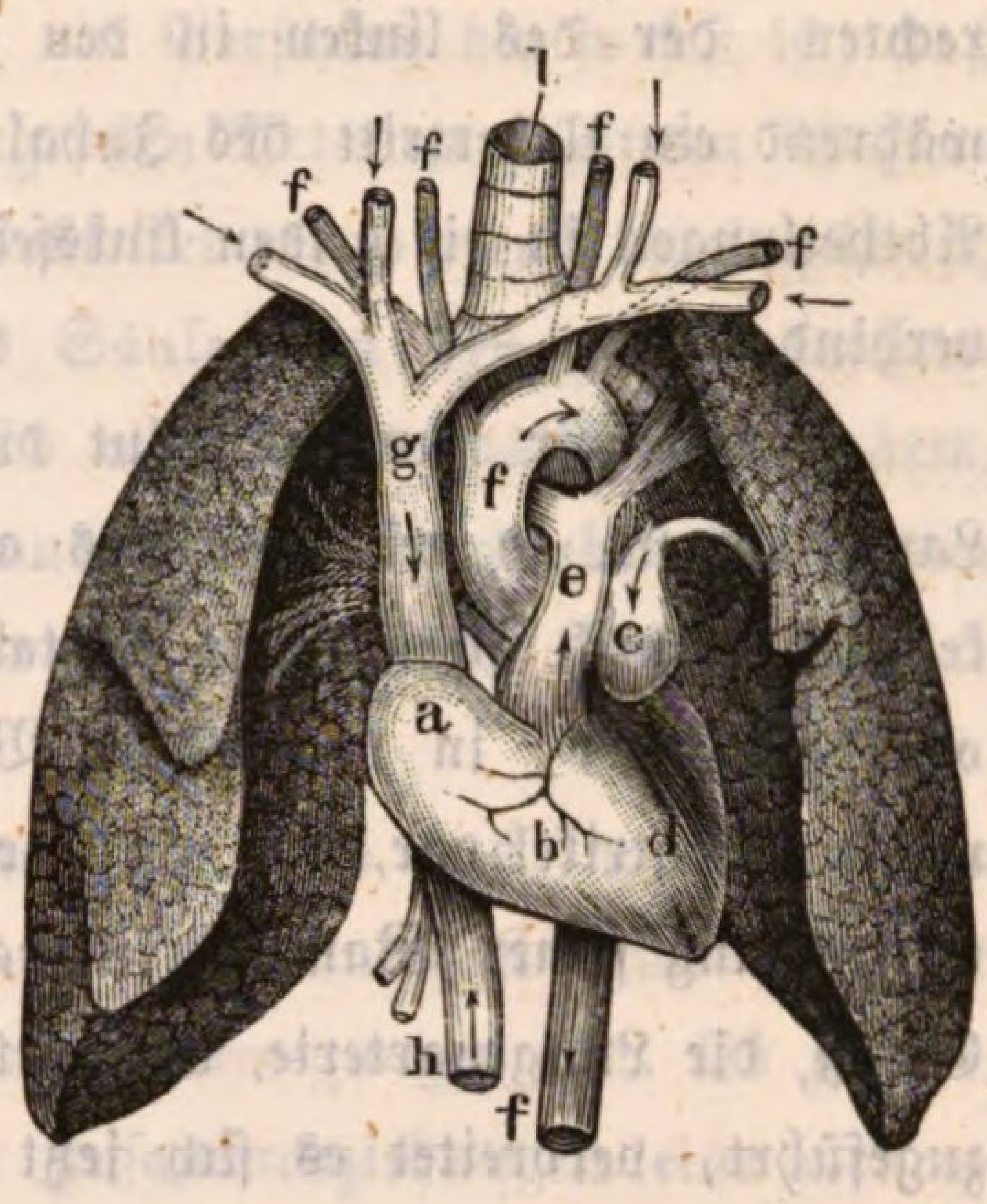


Fig. 191.**)



Durch Scheidewände ist es vielmehr in vier verschiedene Abtheilungen getheilt, und zwar in zwei obere, die die **Vorhöfe des Herzens** oder die **Herzohren** genannt werden und nur schlaffe Wandungen besitzen (Fig. 190 a und c), und zwei untere, die sog. **Herzventrikel**,

---

*) **Schema eines Säugethierherzens.** Die Pfeile zeigen den Lauf des Blutes durch das Herz und die von ihm entspringenden großen Blutgefäße an. Das Blut tritt durch die obere (f) und untere (e) Hohlvene in den rechten Vorhof (a) ein, tritt durch die Scheidewand (k) in den rechten Ventrikel (b), von da in die sich alsbald in zwei Aeste spaltende Lungenarterie (g g), durch die Lungen, und durch die Lungenvenen (h h) zurück zum linken Vorhof (c); dann wieder tritt es durch die Scheidewand k in den linken Ventrikel (d) und von dort in die Aorta (i), die über dem Herzen in einem Bogen nach hinten und hinter dem Herzen abwärts verläuft. —

) Lungen und Herz mit denselben Gefäßen wie in Fig. 190 vom Menschen (von vorn). g Obere, h untere Hohlvene. a Rechter Vorhof. b Rechte Kammer. e Lungenarterie. c Linker Vorhof. d Linke Kammer. f Aorta, von deren Bogen hier die für Hals, Kopf und Arme bestimmten Zweige entspringen, ebenso wie die Zweige der obern Hohlvene, die vom Hals und Kopf zurückkehren, angegeben sind. l Luftröhre. — (Beide Fig. nach **Milne-Edwards a. a. O. S. 17 u. 18).

oder Herzkammern, die von einer sehr kräftigen Muskelwand umgeben sind (Fig. 190 b und d), und diese Abtheilungen communiciren nun der Art miteinander, daß der Inhalt des rechten Vorhofs in den rechten, der des linken in den linken Ventrikel hineingelangen kann, während ein Uebertritt des Inhaltes aus den beiden rechts gelegenen Abtheilungen in die beiden linksseitigen durch geschlossene Scheidewände verhindert ist. —

Lassen wir nun das Blut durch dieses vierkammerige Herz seinen Lauf nehmen, so tritt es, aus allen Theilen des Organismus zurückkehrend, durch zwei große Blutadern, die obere und untere Hohlvene oder Hohlader, in den rechten Vorhof ein; dringt von hier in den rechten Ventrikel vor, und wird von diesem sofort durch kräftige Zusammenziehung seiner Wandung in das eine, große, von ihm entspringende Gefäß, die Lungenarterie, vorwärts getrieben. Von dieser den Lungen zugeführt, verbreitet es sich jetzt in denselben in den Tausenden feiner und feinster Aeste und Aestchen, in welche sich die Lungenarterie selbst verzweigt, kehrt aber sofort auch in den sich allmählig wieder zu größern Stämmen und Aesten vereinigenden Blutgefäßen aus den Lungen zurück, um schließlich in drei oder vier Canälen abermals ins Herz, und zwar in den linken Vorhof einzutreten. Von diesem fließt es dann der linken Herzkammer zu, die es mit kräftigem Drucke wieder in das eine große, von ihr auslaufende Gefäß, die große Körperschlagader oder Aorta, hineinpreßt und somit den Hauptanstoß zu seiner weitern Vertheilung im ganzen Organismus giebt. — Und weshalb dringt das Blut immer vorwärts? Weshalb tritt es nicht, von den Ventrikeln gepreßt, rückwärts in die Vorhöfe, oder in den großen Arterien angelangt, von diesen rückwärts in die Herzkammern zurück? Durch einen staunenerregenden Mechanismus hat die Natur auch hier ihre Zwecke zu erreichen gewußt. Da, wo sich die Communicationsöffnungen zwischen Vorhof und Ventrikel finden, hat sie äußerst zarte, mit Sehnenfäden an der innern Herzwand befestigte Klappen angebracht, die dem vom Vorhofe in den Ventrikel hineinströmenden Blute keinen Widerstand entgegensetzen, dem von den Ventrikelwandungen gepreßten Blute aber, durch ein segelförmiges Aufblähen den Rücktritt versperren. Und da, wo sich die Arterien vom Herzen abzweigen, findet sich eine ähnliche

Einrichtung. Offen ist der Weg stets dem vorwärts eilenden Strome, aber mit wunderbar festem Verschluß stellen sich drei zarte Klappen, die der Innenwand der Arterien anhängen, seinem Falle nach unten und in die Ventrikel zurück entgegen, ein Verschluß der so fest ist, daß von einem senkrecht in die geöffneten großen Arterien geleiteten Wasserstrahl auch nicht ein Tropfen in die Ventrikel des Herzens hineingelangt, das sämmtliche Wasser vielmehr als Säule von den zarten taschenförmigen Klappen getragen wird. So muß also das Blut vorwärts, und so oft es auch den Herzschlauch ausdehnt, es wird eben so oft von seinen Zusammenziehungen hinausgetrieben, um ohne Rast und ohne Ruhe seine Wege fortzusetzen.

Es bedarf kaum noch der Bemerkung, daß das, was wir den Schlag des Herzens nennen, das oft sicht- und fast immer fühlbare Zeichen dieser seiner ständig wechselnden Bewegungen ist. Es scheint, daß der Herzschlauch bei jeder seiner Zusammenziehungen eine wellenförmige (beim Menschen in der schrägen Richtung von rechts oben nach links unten verlaufende) Bewegung macht, sich dabei von links nach rechts etwas um seine Längsachse dreht, seine nach unten gerichtete Spitze emporhebt, und daß nun durch Anschlag dieser an die vordere Brustwand der sog. Herzstoß verursacht wird. *) Insonderheit für den Arzt ist es aber wichtig zu wissen, daß jene Bewegungen gleichzeitig von zwei bestimmten, durch das Stethoscop wahrnehmbaren Tönen, dem Tik-Tak einer Wanduhr vergleichbar, begleitet sind, deren erster mit dem Acte der Zusammenziehung des Herzens zusammenfällt und durch den Anschlag des in den Ventrikeln enthaltenen Blutes gegen die Klappen zwischen Vorhof und Ventrikel verursacht, deren zweiter dagegen mit dem Acte der Herzausdehnung zusammentrifft und sehr

*) Diese Angaben entnehme ich eigenen oftmaligen Beobachtungen an einem 17jährigen jungen Manne, Eugen Groux, dem das Brustbein fehlte. Das Herz war großen Theils nur von der äußern Körperhaut bedeckt und man konnte in dieser Weise die Bewegungen desselben aufs Schönste beobachten. Von der Richtigkeit der Angaben werden sich manche Aerzte in Deutschland überzeugt haben, denen ich den Patienten vom deutschen Hospital in London aus, wo ich ihn 1849 zuerst kennen lernte, zuschickte.

wahrscheinlich durch den Rückstoß des in die Lungenarterie und die Aorta getriebenen Blutes gegen die drei halbmondförmigen Klappen erzeugt wird. Sobald nämlich irgend eine der Klappen in Folge entzündlicher und anderer Vorgänge im Herzen verschrumpft oder sich abnorm verdickt, so daß sie ihre Functionen nicht mehr zu erfüllen vermag, entsteht statt des bestimmten Tik und Tak, und zwar in Folge der zwischen dem nun auch abnormer Weise rückwärts fließenden Blute und den abnorm gestalteten Klappen entstehenden Reibung, ein zischendes, oder schnurrendes, oder blasendes Geräusch, und der Arzt vermag daraus zu schließen, wo der Sitz der Ursache einer Reihe betrübender Krankheitserscheinungen ist. Doch das nur beiläufig und zur Erklärung für diejenigen Patienten, denen das Stethoscop der Aerzte ein Wunderrohr oder nur ein Spielzeug zu sein scheint.

Das Blut also, in die Aorta hineingetrieben, kann nicht wieder zurück; es muß vorwärts. Doch wohin? — Seine Bahnen sind ihm gewiesen. Als einziger, großer Stamm beginnend, verzweigt sich jene große Schlagader bald nach oben, nach unten und nach den Seiten; die Schlagadern oder Arterien*) des Körpers nehmen ihren Inhalt auf, und erhielt dieser den ersten Anstoß zu seiner Bewegung durch die treibende Zusammenziehung des Herzens selbst, eine Zusammenziehung, welche jedesmal eine Blutwelle in die Aorta hineinwirft und damit die Erscheinung des Arterienpulses bedingt, so wird er jetzt in seiner Fortbewegung durch die Wandungen der Arterien selbst unterstützt. Es bestehen diese Wandungen aus drei verschiedenen Häuten. Einer innern, sehr glatten, zarten Haut, die durch ihre Glätte jede Reibung zwischen Blut und Gefäßwand so unbedeutend als möglich macht; einer Muskelhaut, welche längs- und querlaufende zum Theil elastische Fasern enthält und die Zusammenziehungsfähigkeit und Elasticität der Schlagadern bedingt; und einer äußern Haut, durch welche die Schlagader mit den umgebenden Organen verbunden ist.

*) „Arterie" heißt in der strengen Uebersetzung: luftführendes Gefäß. Es stammt diese Bezeichnung her von der Vorstellung der Alten, daß die Schlagadern nur Luft führen, da man sie nach dem Tode blutleer findet. —

Sobald nun eine Blutwelle in die Arterien hineingeworfen wird, dehnt dieselbe zunächst die letztern aus, aber vermöge ihrer Elasticität wirken diese dem Blutdruck entgegen und zwingen damit das Blut selbst zur Vorwärtsbewegung. Die Muskelhaut der Arterien befähigt dieselben dagegen zur zeitweiligen Verengerung oder Erweiterung, je nach der Contraction oder Erschlaffung der Muskelfasern, eine Eigenschaft der Arterie, die nicht mit der Elasticität derselben verwechselt werden darf, für manche „Eventualitäten und Modificationen" der Blutbewegung aber eine sehr nothwendige war. Je weiter sich nun aber die Arterien verzweigen, um so zarter werden auch ihre Wandungen; Muskelfasern und elastische Fasern nehmen an Stärke ab, schwinden nach und nach ganz, und es bleibt zuletzt nur die innerste Haut übrig, die als äußerst feines, 0,002—0,008 ''' im Durchmesser haltendes Röhrchen, als sog. Capillargefäß, nunmehr dem Nahrungssaft mit Leichtigkeit einen Austritt in die zu ernährenden Körpertheile gestattet, andrerseits aber auch dem Eintritt von Flüssigkeiten aus der Körpersubstanz oder aus dem Darmcanal, wie oben erwähnt, in sich hinein kein Hinderniß entgegensetzt. Aber auch hier hat das Blut keine Ruhe. Bis in die äußersten und tiefsten Theile des Organismus hinein verbreitet, soll es vielmehr rasch zum Centralorgane, zum Herzen, zurückkehren. Die Tausende feinster Capillarröhrchen sammeln sich nach und nach wieder zu größern Aesten und Stämmen, den sog. Venen oder Blutadern, bis sie schließlich zu zwei großen Stämmen vereint, dem Herzen sich verbinden, zwei Stämme, deren oberer das Blut vom Kopf und aus den Armen, deren anderer das Blut aus den übrigen Theilen des Körpers dem Herzen überliefert. Die anatomische Beschaffenheit dieser Venen ist von derjenigen der Arterien verschieden. Zwar bestehen ihre Wandungen aus denselben drei Häuten, welche wir bei der Arterie kennen lernten; allein es haben dieselben hier eine viel geringere Dicke, und die Venen sind deshalb dünnwandiger und schlaffer. Sie stehen außerdem durch viele Queräste in Verbindung, liegen zum Theil viel oberflächlicher, als die Arterien, so daß man sie bläulich durch die Haut hindurchschimmern und dieselbe oft emporheben sieht, Einrichtungen, welche beide das Ausweichen der Blutmasse bei irgend welchem äußern oder innern Drucke auf dieselbe erleichtern und somit Störungen in der

Blutbewegung verhüten. Eine ganz besondere Vorrichtung, welche namentlich für die Fortbewegung des Blutes in den Venen von Belang ist, ist ihnen aber durch an ihrer Innenwand befindliche, taschenförmige Klappen verliehen. Es wird damit dem Rückfall des in den Venen in die Höhe steigenden Blutes vorgebeugt. Und fragen wir endlich nach der eigentlichen, das Blut in den Venen forttreibenden Kraft, so resultirt diese aus verschiedenen Verhältnissen. Einmal trägt dazu ohne Zweifel der ständige Nachschub neuer Blutwellen von Seiten des Herzens und der Arterien, d. i. die treibende Kraft derselben, bei; zu zweit befindet sich das Blut in Folge der Elasticität der Arterienhäute in den Arterien stets unter einem größern Drucke, als in den Venen, und zwar ist nach Volkman's neuern Bestimmungen dieser Druck in jenen um etwa zehn Mal so groß, als in diesen; endlich wird aber auch das Blut von den Lungen gewissermaßen angesogen. Durch die Ausdehnung der Lungen bei der Einathmung werden auch die in ihr verlaufenden feinern Blutgefäße gedehnt und gestreckt, sie saugen dadurch das Blut aus der Lungenarterie an, und diese, ihres Inhaltes in dieser Weise beraubt, wirkt wieder rückwärts auf das Blut in dem rechten Herzen und in den in den rechten Vorhof einmündenden großen Venen. Zudem hat Donders auf den wichtigen Umstand hingewiesen und durch Experimente dargethan, daß das Blut der größern Gefäße der Brusthöhle, in Folge eines von den Lungen ausgeübten Widerstandes gegen die eindringende Luft, unter einem geringern Luftdrucke steht, als das Blut des übrigen Körpers, wodurch selbstverständlich ein Vordringen des letztern nach der Brusthöhle hin wesentlich unterstützt wird.

So haben wir das Blut, vom Herzen ausgehend, bis zu seiner Rückkehr in dasselbe begleitet, und den wunderbaren Kreislauf desselben kennen gelernt, durch dessen Entdeckung (1619) sich der Engländer William Harvey für ewige Zeiten in den Annalen der Physiologie ein glänzendes Denkmal gesetzt hat. Vom Herzen durch die Lungen in das Herz zurück, und vom Herzen durch den gesammten Organismus abermals zum Herzen zurück, das sind die beiden Kreisbahnen, in denen es seinen sog. kleinen und großen Kreislauf vollführt (s. Fig. 194). Und nehmen wir an, daß mit jeder Zusammenziehung des

Herzens eine Menge von etwa $1/8$ Pfd. Blut in die Aorta hineingeworfen wird, daß sich ferner die Gesammtmenge des Blutes eines erwachsenen Menschen auf etwa 13 Pfd. beläuft, so läßt sich leicht berechnen, das etwa 104 Herzcontractionen erforderlich sind, um die gesammte Blutmenge einmal den großen, wie kleinen Kreislauf vollenden zu lassen. Es pulsirt aber das Herz eines erwachsenen Mannes durchschnittlich in einer Minute 70 Mal, und es sind somit kaum $1\,1/2$ Minuten erforderlich, um eine Blutwelle die Kreisbahn einmal, kaum eine Stunde, um sie dieselbe 40 Mal, kaum ein Tag, um sie sie 480 Mal zurücklegen zu lassen. Sind das Ereignisse, die ein Ungefähr gefügt, die durch ein zufälliges Zusammentreffen von Stoffen und Kräften ins Dasein gerufen sind? Oder weist uns die Physiologie auf die leitende und ordnende Hand eines Schöpfers, auf eine ursprüngliche schöpferische Idee hin?

Von der geschilderten Einrichtung des Blutgefäßsystems bei Säugethieren und Vögeln zeigen sich nun aber weiter in der Thierreihe hinab mannigfache und nach unten hin immer bedeutendere Abweichungen. Bei den Amphibien und Fischen erstrecken sich dieselben zunächst nur auf das Herz. Es besitzen die Amphibien der Mehrzahl nach ein Herz mit zwei Vorkammern, aber mit nur einem Ventrikel, so daß das Körper- und Lungenblut sich in diesem vermischt, und auch durch nur ein großes Gefäß aus dem Herzen hinaustritt. Dieses Gefäß theilt sich dann alsbald in zwei Aeste, deren einer zu den Athmungsorganen, deren andrer in den Körper hineinführt. Bei einigen Amphibien zeigt zwar die Herzkammer durch eine unvollkommen entwickelte Scheidewand noch eine Andeutung des Typus der höhern Wirbelthiere; bei den Krokodilen sind sogar neben den beiden Vorhöfen auch zwei vollkommen getrennte Kammern vorhanden; immer aber sind Lungenarterie und Aorta zu einem größeren vom Herzen wegführenden Stamm verbunden, welcher bei den Krokodilen dann halb aus dem rechten und halb aus dem linken Ventrikel entspringt. Bei den Fischen ist der Herzschlauch nur noch in zwei Abtheilungen abgetheilt, in eine Vorkammer und einen Ventrikel. Das Blut gelangt dann von letzterm aus in die Kiemen und sammelt sich in diesen wieder in größern Gefäßstämmen, die alsbald zur Aorta verschmelzen. Es fehlt also den Fischen

die kleine Kreisbahn. Bei einem Fische, dem in vieler Beziehung so

Fig. 192. *)



Fig. 193. **)



Fig. 194. ***)



dürftig entwickelten und vom Wirbelthiertypus sich entfernenden Amphioxus oder Branchiostoma, ist die Einrichtung des Herzens noch mangelhafter. Es stellt dasselbe hier nur einen einfachen, contractilen,

---

*) Schema des Blutkreislaufs beim Fisch. Das venöse Blut tritt aus dem Ventrikel (d) durch die Kiemenarterie (e) in die Kiemen, wird daselbst arteriell, sammelt sich als arterielles Blut wieder in der Aorta (g) und kehrt nach Vollendung des großen Kreislaufs (K) als venöses durch die Hohlvene (h) zum Vorhof (a) des Herzens zurück.

**) Dasselbe Schema bei einem Reptil. Das aus dem großen Kreislauf durch den Körper zurückkehrende venöse Blut tritt aus der Hohlvene (h) in den rechten Vorhof (a), von da in den Ventrikel (d), dann in die Lungenarterie (e), legt den kleinen Kreislauf (k) durch die Lungen zurück, wird arteriell, kehrt durch die Lungenvene (f) zum linken Vorhof (c) zurück, tritt von da in den Ventrikel (d) und weiter in die Aorta (g), um den Körper zu durchströmen. In Folge der Vermischung des venösen Blutes aus h und a und des arteriellen aus f und c in d, enthalten d, e und g gemischt venös-arterielles Blut, was durch die schwächere Schattirung angedeutet ist.

***) Dasselbe Schema für Vögel und Säugethiere. Ist nach dem Obigen von selbst verständlich. — (Sämmtliche Figuren nach Milne-Edwards a. a. O.)

cylinderförmigen Schlauch dar, aus dem die Kiemenarterien seitwärts paarweise, mit einer kleinen Anschwellung beginnend, hervortreten. Das ist dann aber auch die unvollkommenste Einrichtung des Cirkulationsapparates, welche unter den Wirbelthieren vorkommt. — Mit besonderm Interesse fassen wir jedoch eben diese Einrichtung in's Auge, weil sie eine auffallende Uebergangsstufe zu derjenigen der Wirbellosen bildet. Nirgends finden wir bei diesen noch ein eigentliches, kräftig muskulöses Herz wie bei den Wirbelthieren, überall nur ein schlauch- oder cylinderförmiges Organ; und stehen die ersteren schon in dieser Beziehung weit hinter den letztern zurück, so wird die Differenz bald noch immer beträchtlicher dadurch, daß sich die Mangelhaftigkeit der Entwicklung nach und nach auch auf die Gefäße erstreckt bis schließlich weder Herz noch Gefäße vorhanden sind. Nur noch bei einigen Wirbellosen stellt der Cirkulationsapparat ein überall geschlossenes Röhrensystem dar; so bei den höher entwickelten Würmern (Borstenwürmern, Blutegelarten), den Stachelhäutern u. a. Ein eigentliches Herz findet sich aber auch bei diesen nicht mehr. An seiner Stelle ist vielmehr nur ein größerer, längerer Schlauch, ein sog. Rückengefäß vorhanden, welches der ganzen Länge nach oder nur an einzelnen, leicht erweiterten Abtheilungen Zusammenziehungen zeigt und damit die Fortbewegung des Blutes bedingt. Weit häufiger findet sich aber kein geschlossenes Gefäßsystem, und zwar entbehren eines solchen sämmtliche Gliederthiere (außer den genannten Würmern) und sämmtliche Weichthiere. Ein Theil des Systems wird hier durch wandungslose Gänge und Räume vertreten, und die noch vorhandenen Blutgefäße stehen mit diesen in offener Communication. Die Capillargefäße schwinden bei diesen Thierformen zunächst; weiterhin schwinden aber auch Venen und Arterien und von dem ganzen Gefäßapparate bleiben nur noch einzelne, zusammenziehungsfähige, herzartige Gebilde übrig. Endlich fallen auch diese bei den niedern Würmern, den Strudelwürmern, Trematoden, den Quallen und Polypen weg. Die gesammte Masse des Blutes beschränkt sich hier auf die Leibeshöhle und dringt nur in einzelnen Ausläufern in die Anhangsgebilde des Körpers ein, um aus ihnen alsbald in die allgemeine Höhlung zurückzukehren. Es kann bei all diesen Anordnungen der Darmcanal noch immer eine gegen den cirkulirenden Nahrungs-

saft hin abgesonderte Höhlung bilden. Der Nahrungssaft tritt aus ihm dann nur nicht sofort in Blutgefäße oder gar in Chylusgefäße (die sich, wie schon erwähnt, nur bei den Wirbelthieren finden), sondern er tränkt von dem Darmcanal aus die Körpermasse, um dann durch gewisse Höhlungen und Gänge die etwa vorhandenen Gefäße zu erreichen, oder sich auch ohne solche, ähnlich wie in der Pflanze, im Organismus zu verbreiten. Sobald aber bei den niedersten Thieren (einem Theile der Infusorien u. s. w.) auch die Darmhöhle nicht mehr existirt oder wenigstens keine abgeschlossene Höhle bildet, erfüllt der in das Thier hineingelangende Nahrungsstoff, mehr oder weniger oder gar nicht zubereitet, die Leibeshöhle selbst, und bespült so die einzelnen Körpertheile. In diesen Fällen fehlt dann auch jede besondere Triebkraft für die Bewegung des Blutes, falls wir diese Bezeichnung für den Nahrungssaft beibehalten wollen; nur eine undulirende Bewegung wird ihm noch durch die der Zusammenziehung fähige Körperhülle mitgetheilt, oder es befinden sich auf der innern Fläche des Körpers Wimpern, die die Fortbewegung des Nahrungssaftes unterstützen.

Nach dieser Schilderung des Cirkulationsapparates selbst kehren wir nunmehr zu dem in denselben ergossenen, dem Blute beigemischten Nahrungssaft zurück. Doch es dürfte schwer fallen, mit Genauigkeit anzugeben, welche Veränderungen mit seinen einzelnen Bestandtheilen auf dem kurzen Wege zum Herzen, und von diesen aus durch die Lungen zum Herzen zurück vor sich gehen. Machen wir uns nur die Verhältnisse klar. Es stellt das Blut, unserer obigen Schilderung gemäß, eine ständigen Wechseln in der Zusammensetzung unterworfene Flüssigkeit dar; es enthält in seiner Mischung Stoffe, die zur Ernährung der Gewebe verwandt werden sollen, Stoffe, die schon gewisse Metamorphosen in der Körpersubstanz erfahren haben und Stoffe, welche zu weiterer Verwendung durchaus untauglich, den Organismus gänzlich zu verlassen bestimmt sind. Es mischt sich der aus dem Milchbrustgang kommende Chylus dieser Blutflüssigkeit bei. Wird man unter solchen Verhältnissen entscheiden können, welche und wie viele Bestandtheile der letztern dem neu hinzutretenden Strome des Chylus entstammen, welche andrerseits den Kreislauf schon ein oder mehre Male vollendet haben, oder aus den Geweben des Körpers in das Blut zurückgekehrt sind?

Kaum auch kann uns ein sorgfältiger Vergleich des im Milchbrustgang enthaltenen Chylus, des Venenblutes, welchem er beigemischt wird und des einer Arterie oder dem linken Herzen entnommenen Blutes einen Aufschluß darüber geben. In jedem Augenblick ändert sich die Beschaffenheit des Blutes, und daß auch das aus den Venen zum Herzen und zu den Lungen zurückkehrende Blut ebensowohl, wie der Chylus, in den Lungen selbst bedeutenden Veränderungen unterliegt, ist gewiß. Nur also Vermuthungen bleiben uns übrig. Doch prüfen wir dieselben näher, und welchen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit dieselben erreichen, wird sogleich aus der Darstellung der Beschaffenheit und Zusammensetzung des Blutes hervorgehen.

Es bildet das arterielle Blut der Wirbelthiere bekanntlich eine scharlach- oder hellkirschrothe Flüssigkeit, welche beiläufig ein specifisches Gewicht von etwa 1,055 und eine Temperatur besitzt, die bei Amphibien und Fischen die der umgebenden Medien wenig übertrifft, bei den Vögeln sich dagegen auf etwa 38° C. und bei den Säugethieren auf 35—36° C. beläuft. Fängt man nun dieses einer verletzten Arterie entströmende Blut in einem Gefäße auf, entfernt dabei durch Schlagen und Umrühren den im kreisenden Blute aufgelösten, an der Luft aber sofort gerinnenden Faserstoff und läßt es eine Zeit lang ruhig stehen, so scheidet es sich alsbald in zwei Massen, den festweichen, rothen sog. Blutkuchen, und das hellgelblich gefärbte, klare sog. Blutwasser oder Blutserum, und wir erfahren daraus, daß es seine Färbung besonderen, nicht in der Flüssigkeit gelösten, sondern von ihr abscheidbaren Bestandtheilen verdankt. Diese Bestandtheile sind die sog. Blutzellen oder Blutkörperchen, kleinste mit unbewaffnetem Auge nicht wahrnehmbare, zellige Gebilde, die, in billionenfacher Anzahl vorhanden, die Träger eines besondern, röthlichen Farbstoffes sind und durch ihre massenhafte Zusammenhäufung und Senkung eben die Bildung des Blutkuchens herbeiführen. — Das Mengenverhältniß dieser Blutkörperchen zu dem Blutserum ist der Art, daß in 1000 Th. Blut eines gesunden Mannes etwa 512 Th. (feuchte) Blutkörperchen enthalten sind. Fragen wir aber nach den nähern chemischen Bestandtheilen beider, so verhält es sich damit durchaus verschieden. Wir sehen hier vorläufig von denen der Blutzellen ab. In 1000 Th. des

Blutserums finden sich dagegen nach C. Schmidt's und Lehmann's Untersuchungen die folgenden Stoffe: *)

Wasser	902,90 Th.
Faserstoff	4,05 „
Eiweiß	78,84 „
Fett	1,72 „
Extractivstoffe **)	3,94 „
Mineralstoffe	8,55 „

Letztere bestehen dann annähernd aus:

Chlornatrium (Kochsalz) . . .	5,546 Th.
schwefelsaurem Kali	0,281 „
Chlorkalium	0,359 „
phosphorsaurem Natron . . .	0,271 „
Natron	1,532 „
phosphorsaurem Kalk. . . .	0,298 „
phosphorsaurer Magnesia . .	0,218 „

Aus diesen Stoffen, incl. der Blutkörperchen, ist also das Blut zusammengesetzt. Erwähnen wir indeß noch, daß unter der zahllosen Menge rothgefärbter Blutkörperchen auch eine wechselnde, nach den Mahlzeiten allemal vermehrte ***) Anzahl farbloser Zellen vorhanden

---

*) Diese Untersuchungen beziehen sich zwar nicht auf arterielles, sondern auf venöses Blut. Da es uns hier jedoch nur auf eine allgemeine Angabe der Mengenverhältnisse der einzelnen im Blute enthaltenen Stoffe ankommt, in Bezug auf die meisten Stoffe venöses und arterielles Blut auch nicht sehr erheblich differiren, so dürfen wir hier, in Ermangelung ähnlicher Untersuchungen des arteriellen Blutes, Gebrauch von den Angaben der Analyse machen.

**) Unter diesen „Extractivstoffen“ versteht man ein Gemisch verschiedener stickstoffhaltiger und stickstofffreier Verbindungen, die ihrer geringen Quantität halber bis dahin noch nicht näher zu bestimmen waren. Nur die im folgenden Vortrage zu erwähnenden Verbindungen: Kreatin und Kreatinin, Harnstoff und Harnsäure, so wie auch Traubenzucker und Milchsäure sind mit Bestimmtheit unter ihnen aufgefunden und wahrscheinlich auch immer vorhanden. —

***) C. A. Hirt fand im nüchternen Zustande im Blute auf 1500 gefärbte

ist, Zellen, welche ganz und gar den oben erwähnten Chyluskörperchen gleichen und ohne Frage auch zum größten Theil aus dem Chylus selbst herstammen. —

Welche Metamorphosen sind demnach oder müssen mit dem Chylus vor sich gegangen sein? Die Antwort bleibt immer eine schwierige. Aber dennoch ist so viel als sicher anzunehmen, daß unter Einwirkung des Sauerstoffs der Luft in den Athmungsorganen viele Chyluskörperchen roth gefärbt, zu rothen Blutzellen umgewandelt wurden, daß ferner der Eiweißgehalt und zum Theil auch der Fett- und Faserstoffgehalt, daß endlich auch ein Theil der mineralischen Bestandtheile des Blutserums aus dem Chylus herstammt. Die ungefärbten Blutkörperchen sind aber, wie erwähnt, als Chyluskörperchen zu betrachten, die auf ihrem ersten Umlauf durch die Lungen die rothe Farbe noch nicht annahmen. Und erinnern wir uns jetzt daran, daß ein Theil der Nahrungsstoffe aus dem Darmcanal schon direct in das Blutgefäßsystem aufgenommen wurde (s. S. 238), daß diese Stoffe, wie namentlich das Wasser, der Zucker, die Milchsäure, das Kochsalz u. s. w. sich im Blute selbst den eben genannten und zum Theil metamorphosirten Bestandtheilen des Chylus beimischen, so haben wir damit eine oberflächliche Vorstellung von der Genesis des Blutes gewonnen, abgesehen hier von denjenigen seiner Bestandtheile, die ihm als Schlacken oder Auswurfsstoffe von den Geweben aus zugeführt werden und auch ständig in seiner Mischung enthalten sind.

Dieses so beschaffene Blut wird nun bis in die Capillargefäße hineingetrieben. Von ihnen aus sollen den verschiedenen Geweben des Körpers die Bildungs- oder Ersatzstoffe, den Drüsen die Materialien zur Bildung der Absonderungssäfte geliefert werden, während gleichzeitig die abgenutzten und zu ferneren Leistungen untauglich gewordenen, chemisch veränderten Gewebsbestandtheile in die Capillaren zurückkehren, um als Bestandtheile des Blutes zunächst der Lunge, und weiterhin andern Ausscheidungsorganen zugeführt zu werden. Doch bevor wir zu der Darstellung dieser Verhältnisse übergehen, müssen wir noch

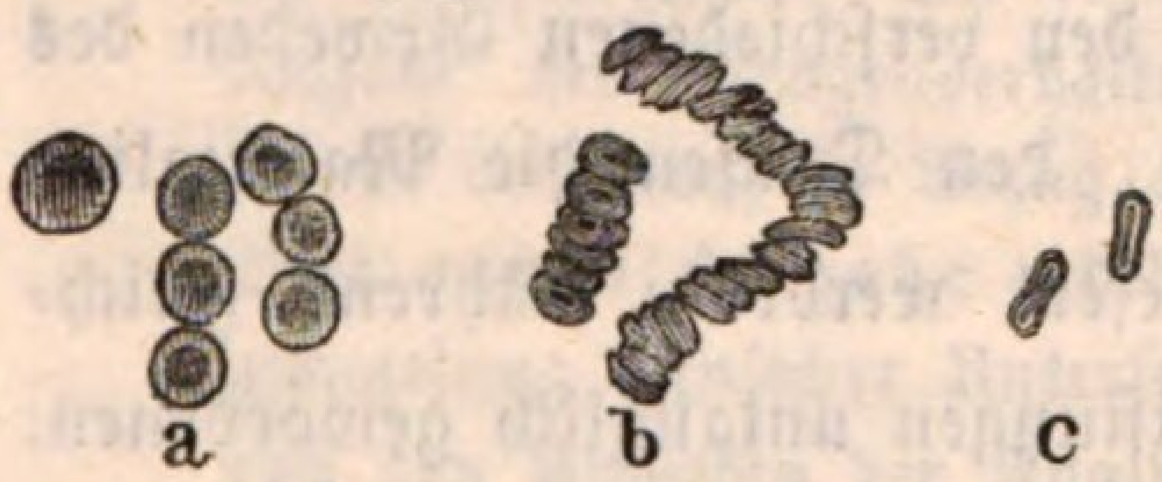
---

eine farblose Blutzelle, nach Mahlzeiten aber eine farblose auf 400—500 gefärbte.

einmal auf das Blut, und insonderheit die so wesentlichen Bestandtheile desselben, die Blutkörperchen, zurückkommen, und nicht minder einen flüchtigen, vergleichenden Blick auf die Beschaffenheit des Blutes niederer Thiere werfen.

Es kann kaum ein prachtvolleres mikroscopisches Bild geben, als dasjenige, welches die durchsichtige Schwimmhaut eines lebenden Frosches unter dem Mikroscop darbietet. Breitere und immer zarter werdende, sich endlich schlingenförmig umbiegende Canäle durchziehen in Form eines Netzes das Gewebe der Haut, in ihnen bewegt sich die hellgelbliche Blutflüssigkeit und in der Mitte dieses Stromes rieseln, gleich den Sandkörnern auf dem Boden eines klaren Baches, die rothgefärbten Blutkörperchen, in den größern Gefäßen in größerer Anzahl, in den zarteren einzeln und eins dem andern folgend. Die der Wand des Blutgefäßes zunächst liegende Flüssigkeitsschicht fließt dabei bedeutend langsamer, als der die Blutkörperchen führende, sog. Achsenstrom, und betrachtet man sorgfältig die Bewegungen des Blutes in den Capillargefäßen überhaupt, so findet man außerdem, daß sie viel langsamer vor sich geht, als in den größeren Gefäßen, Verhältnisse, welche den innigen Wechselverkehr zwischen Blut und Geweben offenbar wesentlich unterstützen. — Was sind nun jene Blutkörperchen? Woraus bestehen sie? Die mikroscopisch-chemische Untersuchung giebt uns Aufschluß darüber. Es sind kernlose, scheibenförmige, biconcave und bei durchfallendem Lichte schwach gelbroth gefärbte Zellen mit abgerundetem Rande,

Fig. 195.*)



a b c

die beim Menschen einen Breitendurchmesser von 0,0033 ''' und eine Dicke von 0,00062 ''' besitzen (Fig. 195). Man hat sich neuerdings die Mühe gegeben, die Anzahl derselben in einer kleinen, scharf bestimmten Blutmenge mit Hülfe des Mikroscopes zu zählen (Vierordt, Welcker),

*) Blutkörperchen des Menschen. a Von der Fläche gesehen, c vom Rande, wobei die Concavität der beiden Flächen deutlich wird. b Mehre Körperchen geldrollenförmig zusammengelagert, wie sie häufig unter dem Mikroscop erscheinen. 450—500 mal vergrößert. Copie nach Ecker a. a. O.

und gefunden, daß in einem Cubik=Millimeter Blut eines erwachsenen Mannes nahezu 5000000 Blutkörperchen enthalten sind. Darnach würden sich also im ganzen Organismus eines Mannes von 130 Pfd. Körpergewicht, wenn man das Gesammtgewicht des Blutes desselben zu 13 Pfd. berechnet, *) 30,8 Billionen Körperchen bewegen, eine Anzahl, welche eher zu niedrig, als zu hoch gegriffen ist. Durch diese enorme Menge wird es denn begreiflich, wie die Blutkörperchen es sein können, die den sämmtlichen Geweben des Thierkörpers und insonderheit den mit zarter Oberhaut bedeckten Theilen (Wangen, Lippen, Schleimhäuten) anscheinend eine rothe Farbe verleihen; und vergegenwärtigt man sich, daß jedes dieser Körperchen zugleich eine physiologische oder chemische Function zu erfüllen bestimmt ist, so bekommt man erst mit Kenntniß eben solcher Zahlenverhältnisse einen richtigen Begriff von der Extenstität, von dem Umfange der Lebensvorgänge, die, unserm Auge entzogen, im Innern des Organismus ihren ruhigen und ununterbrochenen Ablauf nehmen. Wir ahnen kaum etwas davon, daß, welchem Gedankenkreise, welcher Thätigkeit wir uns auch hingeben, wir ständig doch eine rastlos arbeitende chemische Werkstätte in uns beherbergen und mit uns umhertragen, und dennoch ist dem so. Doch das Getriebe dieser Werkstatt ist so leicht und leise, daß es nur selten durch einen wahr=

*) Die Gesammtmenge des Blutes im menschlichen Organismus wurde bisher sehr verschieden hoch angegeben. Nach der noch in neuerer Zeit fast allgemein gängigen Angabe Valentin's sollte sie sich beim Menschen zum Körpergewicht verhalten = 1 : 4,36, bei einem Mann von 130 Pfd. Körpergewicht also 29 Pfd. 26 Lth. betragen. Haller bestimmte für einen Erwachsenen ebenfalls 30 Pfd., Wrisberg und Herbst 24—26 Pfd., Reil 40 Pfd., Blumenbach 8—10 Pfd., Lehmann und Weber 16—17 Pfd. Neuere Untersuchungen von Welcker haben jedoch, bei Anwendung einer zuverlässigen Bestimmungsmethode, Resultate geliefert, die mehr Vertrauen verdienen, und kürzlich durch Bischoff in München eine glänzende Bestätigung erhielten. Ihnen zufolge beläuft sich die Blutmenge in einem neugeborenen Kinde von 6 Pfd. 13 Lth. Körpergewicht auf 20½ Lth., bei einem Mann von 15—16 Jahren und 100 Pfd. Körpergewicht auf 10 Pfd., bei einem Mann von 20 Jahren und 130 Pfd. Körpergewicht auf 13 Pfd., und bei einem Mann von 45 Jahren und 145 Pfd. Körpergewicht auf 14½ Pfd. —

nehmbaren Schlag sein Dasein verräth, und nur selten störend eingreift in die Willensacte oder die Vorstellungskreise ihres Trägers.

Was die chemische Zusammensetzung der Blutkörperchen anbetrifft, so weiß man von ihren Hüllen kaum mehr, als daß sie aus einer stickstoffhaltigen Verbindung, und wahrscheinlich, gleich den Hüllen andrer Zellen, aus einer eiweißartigen Substanz in Verbindung mit phosphorsaurem Kalk, bestehen. In dem Innern der Zellen befinden sich dagegen verschiedene Stoffe aufgelöst, von denen wir des eiweißartigen sog. Globulin, des eisenhaltigen und gleichfalls stickstoffhaltigen Hämatin (des sog. Blutroths), einiger Fette (des Margarin, Elaïn, Cholestearin u. s. w.) und endlich gewisser unorganischer Verbindungen gedenken wollen. Diese Bestandtheile des Blutkörperchen-inhalts bilden sich ohne Frage zum Theil aus dem Kern der Chyluskörperchen hervor, denn während diese kernhaltig sind, sind die Blutzellen kernlos. Von dem Wesen dieses chemischen Vorganges haben wir bis dahin jedoch keine Vorstellung. Auch über die auffallende, neuerdings von Funke entdeckte Thatsache, daß der Inhalt der Blutzellen außerhalb des Organismus unter gewissen Verhältnissen crystallisirt, ja daß diese Crystalle je nach der Thiergattung und Gefäßprovinz, aus welcher das Blut entnommen wird, verschiedene Gestalt zeigen, fehlt bis dahin die nähere Aufklärung. Wenn man jedoch aus den erhaltenen Crystallen schon schloß, daß Globulin und Hämatin nur eine, in der lebenden Blutzelle zusammengehörige, untrennbare Verbindung darstellen, so scheint dies nach Lehmann's neuern Beobachtungen unrichtig, und der eigentliche rothe Farbstoff, das Hämatin, ist vorläufig noch als ein vom Globulin differenter Körper zu betrachten. — Ihrer Menge nach vertheilen sich die einzelnen Bestandtheile der Blutkörperchen nach den trefflichen Untersuchungen von C. Schmidt und Lehmann folgendermaaßen: 1000 Th. Blutzellen enthalten:

Wasser	688,0	Th.
eisenhaltiges Hämatin . . .	16,75	„
Globulin und Zellhüllenstoff .	282,22	„
Fett	2,31	„
Extractivstoffe	2,60	„
Mineralstoffe (ohne Eisen) . .	8,12	„

Die letztern bestehen dann wieder annähernd aus:

schwefelsaurem Kali	0,132 Th.
Chlorkalium	3,679 „
phosphorsaurem Kali	2,343 „
„ Natron . . .	0,633 „
Natron	0,341 „
phosphorsaurem Kalk	0,094 „
„ saurer Magnesia . .	0,060 „

Tritt damit nicht die schon oben erwähnte chemische Differenz zwischen Blutflüssigkeit und Blutkörperchen auf das Schlagendste hervor? Sind in beiden nicht die organischen sowohl, als unorganischen Verbindungen, sei es qualitativ oder quantitativ, beträchtlich von einander verschieden? Und wahrlich, wir würden uns hier nicht auf eine genauere Angabe dieser Zahlenverhältnisse eingelassen haben, wenn sie eben nicht zum Verständniß der Functionen der Blutflüssigkeit und Blutkörperchen und ihrer gegenseitigen Beziehungen durchaus erforderlich wären, Beziehungen, welche, erst in neuerer Zeit richtig erkannt, eine überaus wichtige regulatorische Bedeutung für die Blutmischung besitzen. — Während die Blutzellen vorwiegend phosphorsaure Salze und unter den Basen vorwiegend Kali, dagegen wenig Chloralkalien und Natronsalze enthalten, enthält das Blutserum umgekehrt vorwiegend Chloralkalien und Natronsalze, wogegen Phosphate und Kalisalze zurücktreten.*) Nur die phosphorsauren Erden (Kalk und Magnesia) sind im Serum in größerer Menge enthalten, als in den Blutzellen. Dadurch entstehen gewisse Gegensätze zwischen Blutzellen und Blutwasser, die Gesetze der En- und Exosmose kommen an ihnen zur Geltung, und während beide für die Existenz des Organismus in dieser oder jener Weise Sorge tragen, liegt in dieser Weise in ihnen selbst ein regulatorisches Princip verborgen, welches für

---

*) Nach C. Schmidt sind die Mengenverhältnisse dieser unorganischen Bestandtheile in den Blutzellen und dem Blutserum folgende:
die Blutzellen enthalten: 40,89 Kalium, 9,71 Natrium, 17,64 Phosphorsäure und 21,0 Chlor;
das Blutserum enthält: 5,19 Kalium, 37,74 Natrium, 6,08 Phosphorsäure und 40,68 Chlor.

die Erhaltung der möglichst normalen Blutmischung Sorge trägt. Ist z. B. das Blutserum arm an Wasser oder reich an Natronsalzen (durch Kochsalzgenuß), so wird es den Blutzellen Wasser entziehen und eine Einschrumpfung derselben ist die Folge davon; ist dagegen das Blutserum sehr wasserreich (nach Wassergenuß), so werden die Blutzellen einen Theil des Wassers aufnehmen, sich in Folge davon aufblähen, und daß beide Arten der Volumsänderung der letzteren wesentliche und für den Gesammthaushalt des Organismus regulatorische Verschiedenheiten in ihrer Function und chemischen Metamorphose bedingen, ist mehr als wahrscheinlich. — Doch nicht nur das. In Folge ihrer chemischen Zusammensetzung, und sonderlich wohl ihres Hämatingehaltes, sind die Blutkörperchen die Hauptträger der Gase des Blutes, und vorzugsweise des in den Lungen aufgenommenen Sauerstoffs. Nach Magnus' und Magendie's Versuchen sind in 100 Vol. Blut etwa 10—12 Vol. Sauerstoff, 66 (im arteriellen) — 78 (im venösen) Vol. Kohlensäure und 1,7— 3,3 Vol. Stickstoff enthalten. Ein Theil dieser Gase ist mechanisch absorbirt, ein andrer chemisch gebunden. Während aber die Kohlensäure vorzugsweise mit dem kohlensauren und phosphorsauren Natron der Blutflüssigkeit ein doppelt kohlensaures Salz zu bilden scheint, wird der Sauerstoff hauptsächlich von den Blutkörperchen gebunden und zwar, nach Lehmann's Versuchen, von dem Inhalt derselben, dessen Hämatin hier vorzugsweise in Frage kommen dürfte. Diese Thatsachen mögen es uns erklären, daß nicht das in die Adern eines bis zur Ohnmacht verbluteten Thieres eingespritzte Blutserum, wohl aber das mit Blutkörperchen versehene, von Faserstoff befreite, ebenfalls eingespritzte Blut den Lebensproceß des Thieres wieder zu erwecken vermag, eine Erfahrung, welche uns durch die Untersuchungen von Prevost, Dumas und Dieffenbach zu Theil geworden ist.

Aber die Bedeutung der Blutkörperchen ist auch damit noch nicht erschöpft. Sie greifen vermöge ihrer chemischen Zusammensetzung noch tiefer in den gesammten Lebensproceß ein. Was bedeutet, so können wir fragen, der ihre Hülle bildende Stoff, der gedoppelte Inhalt an organischen und unorganischen Verbindungen für den Ernährungsproceß? Haben diese Stoffe nur die Aufgabe, als constituirende Bestandtheile der Blutzelle ihr selbst und damit ihren so eben bezeichneten Functionen

das Dasein zu geben, und werden sie nach der Erfüllung dieser Aufgabe ohn weitere Verwendung wieder aus dem Organismus entfernt? Oder sind sie etwa noch zu weiteren Nutzleistungen bestimmt, nachdem sie als Bestandtheile des Blutkörperchens selbst ihre Rolle ausgespielt haben? — Erinnern wir uns hier der in den Magendrüsen bereiteten Labzellen (S. 216). Wir erfuhren von ihnen, daß sie aller Wahrscheinlichkeit nach nur Elementargebilde darstellen, deren Bildungsproceß selbst die Herstellung eines für die Verdauung der Nahrungsmittel erforderlichen Stoffes includire. Die Zellen selbst, von den Drüsen ausgeschieden, zerfielen sodann, und der in ihnen enthaltene Stoff kam zur Wirkung, ohne daß die Zelle selbst weiteren Functionen gedient hatte. Und in der That, ganz ähnlich scheint es sich mit den Blutkörperchen zu verhalten. Der Bildungsproceß derselben includirt jedenfalls die Herstellung derjenigen Verbindungen, die ihre Hülle und ihren Inhalt constituiren; wir lernten diese Verbindungen oben als stickstoffhaltige, unter dem Namen des Zellhüllenstoffs, des Globulins und Hämatins bekannte, kennen. Eben diese Verbindungen scheinen nun aber, zusammt dem Gehalte der Blutkörperchen an Phosphorsäure und Kali für gewisse Abschnitte des Ernährungsprocesses von größter Bedeutung, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie nach dem Untergange, nach dem Zerfall des Blutkörperchen als solchen, zur Bildung von Drüsensäften, insonderheit der Galle, vielleicht auch zur Bildung von Nerven- und Muskelgewebsbestandtheilen und, nach Lehmann's neuesten Forschungen, zur Bildung von Zucker in der Leber verwandt werden. Es stellt also, wie es scheint, jedes einzelne Blutkörperchen, neben seiner Function als Sauerstoffträger, gleichzeitig einen chemischen Bildungsheerd, ein „chemisches Laboratorium" gewisser für den Ernährungsproceß erforderlicher, chemischer Verbindungen dar, und erst mit der klaren Erkenntniß dieses Verhältnisses tritt uns die Größe der Bedeutung der Billionen mikroscopischer Gebilde in vollem Lichte entgegen. Bedarf es jetzt noch des Nachweises, weshalb wir ein blasses Colorit des Menschen, als ein untrügliches Zeichen des Mangels an Blutkörperchen, in der Regel gepaart sehen mit Beeinträchtigung des Ernährungsprocesses, mit Herabsetzung der Leistungsfähigkeit des Organismus, der Energie des Willens, der Muskelkraft, weshalb sich andrerseits der frischen Farbe Kraft und geistige Regsamkeit

verbinden? Keinem aufmerksamen Beobachter, und keinem Arzte insonderheit, sind diese Verhältnisse verborgen. Doch nur um so tiefer dürfen wir es beklagen, daß, wenn es sich um die Abhülfe bleichsüchtiger Zustände handelt, die Aufgabe bis dahin oftmals eine äußerst schwierige und dunkle ist. Die mannigfachen Bedingungen einer normalen Bildung von Blutkörperchen sind uns eben so wenig in ihrer ganzen Ausdehnung bekannt, als die Verhältnisse, welche möglicherweise störend in den Rückbildungsproceß, den Zerfall der Blutkörperchen in ihre nun weiter für den Ernährungsproceß zu verwendenden Bestandtheile eingreifen, und es würde in der That besser sein, solcher Lücken und Mängel der Wissenschaft stets eingedenk und geständig zu sein, als mit kühnem Wort schon auf die Errungenschaften der praktischen Medicin zu pochen. Die richtige Erkenntniß des Nichtwissens ist der Anfang wesentlicher Fortschritte, und statt den Laien Sand in die Augen zu streuen, sollte man ihnen die Wahrheit sagen, um nicht ein Vertrauen zu erwerben, welches der erste Windstoß umwirft. Nur zu treffend sagt in dieser Beziehung Dr. Max Pettenkofer in seinen „Untersuchungen über die Verbreitungsart der Cholera:" „Die Medicin „als Wissenschaft hat in Beziehung auf Krankheits-Ursache und „-Heilung noch wenig festgestellte, sichere Thatsachen, so daß sie dem „Publikum gegenüber oft in die unangenehme Lage kommt, mehr scheinen zu müssen, als sie ist, denn selbst der gebildete Theil des Publikums ist noch nicht allgemein auf dem Standpunkte, das wissenschaftliche Bekenntniß eines Arztes über einen speciellen Fall hören zu „können, ohne ihm theilweise das Vertrauen zu entziehen. Diese „Schwachheit des Publikums verdirbt die besten Kräfte des ärztlichen „Standes, indem es sie zwingt, der Schwachheit zu huldigen; sie ist „das größte Hinderniß für die Fortschritte der internen Medicin, und „die Quelle des unwürdigsten Charlatanismus." —

Wir sprechen von einem „Zerfall" der Blutkörperchen?! Bleiben sie denn nicht ständig dieselben integrirenden Bestandtheile des Blutes? Legen sie nicht Tausend und aber Tausende von Malen dieselbe Bahn des Blutkreislaufes zurück, um nur dann erst abzusterben, wenn der gesammte Lebensproceß sein Ende erreicht? Was wir über die ständige Neubildung von Chyluskörperchen und Blutzellen, und so eben über

das Hervorgehen gewisser Gallenbestandtheile aus den Blutkörperchen erwähnt haben, deutet schon darauf hin, daß dem nicht so ist, und in Wahrheit, wir dürfen es als ausgemachte Thatsache betrachten, daß jedem Blutkörperchen nach kurzer Frist seines Daseins ein Untergang bevorsteht. Doch wo erfolgt dieser Untergang? — Seit längerer Zeit schon gab man sich der Ansicht hin, daß Leber und Milz die Todesstellen der Blutkörperchen bilden, und es ist nicht zu leugnen, daß diese Ansicht durch manche physiologische Thatsache ebensowohl, als durch gewisse pathologische Erfahrungen wesentlich unterstützt wird. Allein in neuerer Zeit hat es sich, wunderbar genug, gerade umgekehrt mit immer größerer Gewißheit herausgestellt, daß ähnlich wie in den Chylusgefäßen des Gekröses, so auch in Milz und Leber eine ständige Neubildung von Blutkörperchen Statt hat, und es ist damit fraglich geworden, ob dennoch und gleichzeitig der bezeichnete Zerfall älterer Blutkörperchen in denselben Organen erfolgt. Wo nicht, so würde man den letzteren im Blutgefäßsystem selbst suchen müssen, eine Annahme, die an und für sich nichts Unwahrscheinliches hat. Doch lassen wir, für die Milz wenigstens, die alte Ansicht noch nicht fahren, und fügen wir die nicht unbegründete Frage hinzu, ob nicht etwa auch die später zu betrachtenden Nieren für den Untergang der Blutkörperchen von Bedeutung sein könnten? — Und wie nun erfolgt jener Tod der Blutzellen? Welches sind die näheren und ferneren Produkte ihres Zerfalls? Was wird weiterhin aus diesen einzelnen Produkten? Zwar deuteten wir oben bereits auf eine Wahrscheinlichkeit hin, und es ist sehr möglich, daß sich die früher schon (S. 222) einmal erwähnten, insonderheit in der Milz und Bauchspeicheldrüse aufzufindenden Verbindungen, das sog. Leucin und Tyrosin, aus den Blutkörperchen hervorbilden, diese Verbindungen aber durch das Blut der Leber zugeführt und dort zu Gallenbestandtheilen umgewandelt werden; Führer und Ludwig haben es ferner neuerdings wahrscheinlich gemacht, daß ein endliches Produkt des Zerfalls der Blutkörperchen auch in dem Harnstoff, der mit dem Harn den Organismus verläßt, zu suchen sei, und auch diese Möglichkeit muß zugestanden werden, obwohl der Nachweis der Metamorphose selbst noch fehlt. Es ist ferner möglich und nicht unwahrscheinlich, daß auch die sog. Nervenfette, die in einer so überaus

interessanten Beziehung zu den Bestandtheilen der Galle stehen,*) sei es direct oder indirect (mittelst der Gallenbildung) aus dem Zerfall der Blutkörperchen hervorgehen, und daß die unorganischen Bestandtheile der letzteren, die Phosphorsäure, das Kali und das Chlorkalium, theils zur Bildung von Drüsensäften verwandt werden, theils sich an der Bildung des Nerven- und Muskelgewebes betheiligen, theils aber auch auf dem Wege durch die Nieren mit dem dort gebildeten Harn den Organismus verlassen. Es ist endlich möglich und überaus wahrscheinlich, daß der eisenhaltige, rothe Blutfarbstoff in der Leber zur Bildung des gelben und später grünen Gallenfarbstoffs verwandt wird, dieser aber schließlich wieder zum gelbrothen Farbstoff des Harns umgewandelt wird. Wir hätten in dieser Metamorphose des eisenhaltigen Farbstoffes im thierischen Organismus ein sehr interessantes Analogon der Metamorphose des gleichen Farbstoffes in der Pflanze vor uns. Wie in dieser der junge Pflanzenkeim oder das junge Blatt anfänglich gelb, und hie und da blutroth, später in Folge des Oxydationsprocesses grün, und im Herbst wieder, in weiterer Folge desselben Processes gelbroth erscheint, also würde sich der genossene grüne Farbstoff der Pflanze im thierischen Organismus zunächst zum rothen Farbstoff der Blutkörperchen, sodann zum gelben und grünen der Galle und schließlich zum gelbrothen des Harns umwandeln, und auch hier würden Oxydationsvorgänge als das Bedingende dieser Metamorphosen zu betrachten sein.**) Doch es sind das bis dahin nur Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten, und ausdrücklich möchten wir uns davor verwahren, daß der Entwurf eines möglichen Bildes des Geschehens nicht als eine Bezeichnung des wirklichen Geschehens angesehen werde. Weiter und weiter dringt zwar die Forschung in der Erkenntniß des unendlich verwickelten Getriebes des Organismus, und insonderheit des bisher so dunkeln Stoffwechsels vor, aber noch manches Jahr dürfte verrinnen, ehe wir in einer klaren Reihe aufeinander folgender Metamorphosen die Scala erblicken, welche die einzelnen Stoffe im thierischen Organismus zu durchlaufen bestimmt sind.

Von den übrigen Bestandtheilen des Blutes haben wir

---

*) Vgl. Anmerkung S. 87.

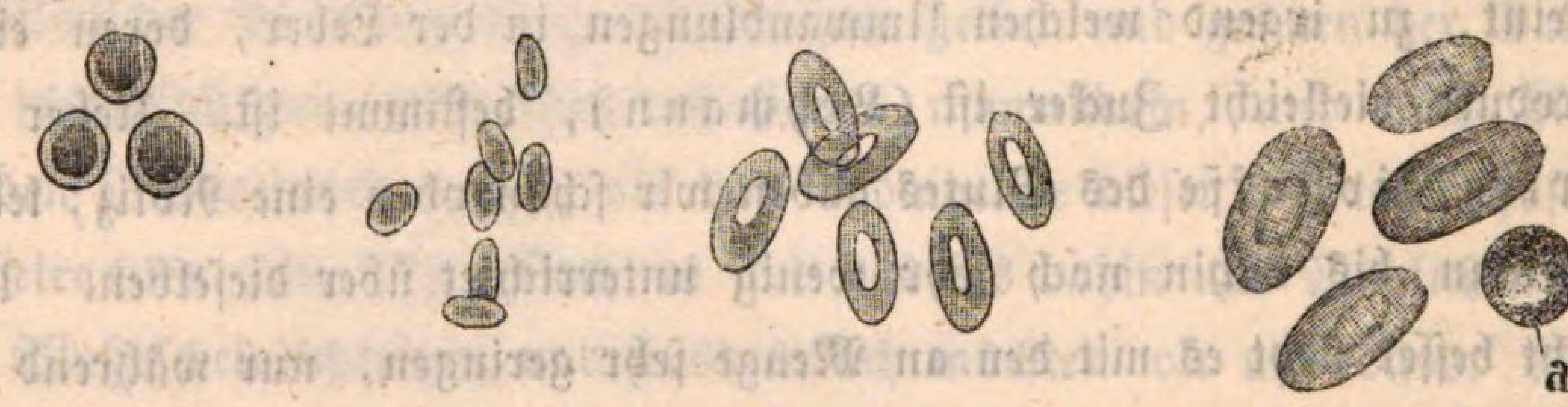
**) Vgl. Bd. I. S. 287.

nur noch Weniges hinzuzufügen, ohne damit jedoch der Folgerung Raum zu geben, als sei ihre Bedeutung eine minder große, wie die der Blutkörperchen. Sind sie es doch eben ohne Zweifel, von denen aus die Neubildung der einzelnen Form- oder Gewebsbestandtheile des Organismus vorzugsweise ausgeht und bedingt wird! Das Eiweiß (Albumin) der Blutflüssigkeit, aus dem Eiweißgehalt der Nahrungsmittel herstammend, ist eine in dem Blutwasser gelöste, stickstoffhaltige Substanz, die bei einer Temperatur von 60° R. gerinnt. Die Gerinnbarkeit, welche es im Magen und Darmcanal verlor (s. S. 217), ist also wieder hergestellt. In ihm finden ohne Frage die meisten Gewebe des Thierkörpers den hauptsächlichen Bildungsstoff; es tritt durch die Wandungen der Capillargefäße hindurch und giebt hier das wesentliche Material für die Zellenbildung ab. Ueber die Bedeutung des Faserstoffs, eine ebenfalls eiweißartige Verbindung, die aber an der Luft sofort gerinnt und der das Blut eben seine Gerinnbarkeit verdankt, ist man noch keineswegs ganz aufgeklärt. Man darf ihn jedoch ohne Frage als ein Umwandlungsprodukt des Eiweißes betrachten, welches sowohl in den Lungen, als auch innerhalb der Gewebe in Folge eines Oxydationsvorganges aus letzterem entstehen mag und später, wie es scheint, zu irgend welchen Umwandlungen in der Leber, deren eines Produkt vielleicht Zucker ist (Lehmann), bestimmt ist. Ueber die Extractivstoffe des Blutes gaben wir schon oben eine Notiz; leider ist man bis dahin noch sehr wenig unterrichtet über dieselben. Und nicht besser steht es mit den an Menge sehr geringen, nur während der Verdauungszeit oft reichlicher im Blute vorhandenen Fetten, von denen Lehmann nur angiebt, „daß sie weniger aus Stearin, Margarin und Elaïn, als aus Stearin-, Margarin-, Oelsäure und Cholestearin bestehen.“ Die oben genannten unorganischen Bestandtheile des Blutserums endlich sind in demselben gelöst und tragen nicht nur Sorge dafür, daß das Eiweiß und der Faserstoff in bestimmter Auflösung erhalten werden, sondern erlangen auch durch ihre Beziehungen zu den Gasen des Blutes sowohl, als durch ihre Theilnahme an den Bildungsvorgängen der Säfte und Gewebe des Thierkörpers eine überaus hohe Bedeutung. So ist z. B. das phosphorsaure Natron des Blutes ausgezeichnet durch seine Eigenschaft, die dem Blute

von den Geweben aus zugeführte oder in ihm selbst erzeugte Kohlensäure zu absorbiren und weiterhin den Respirationsorganen zuzuführen, so ist ferner der phosphorsaure Kalk wesentlich bei allen Zellenbildungen und also jeder Gewebsbildung betheiligt, so ferner das Chlor des Chlornatrium (Kochsalzes) als die Quelle der in den Magendrüsen gebildeten und für die Auflösung der Nahrungsstoffe im Magen so wichtigen Chlorwasserstoff- oder Salzsäure zu betrachten. —

Was schließlich das Blut der Thiere betrifft, so zeigt das der **Wirbelthiere** überall noch eine große Aehnlichkeit mit dem des Menschen. Es enthält seine Blutkörperchen, der rothe Farbstoff dieser giebt dem ganzen Blute seine rothe Farbe, und, was die chemische Zusammensetzung der Blutflüssigkeit anbetrifft, so scheint auch diese wenig von der des Menschen zu differiren. Nur in der Form und Größe der Blutkörperchen kommen einige Verschiedenheiten vor. So sind die der Vögel länglich oval (Fig. 198), die der Amphibien meistens sehr groß und ebenfalls oval (Fig. 199, 200 u. 201), die der Säugethiere dagegen rundlich und oft noch kleiner, wie beim Menschen (Fig. 196 u. 197), Verhältnisse, welche ohne Frage für die Größe der Nutz-

Fig. 196.*) Fig. 197.**) Fig. 198.***) Fig. 199.†)



leistung der Körperchen nicht ohne Bedeutung sind. Anders dagegen verhält es sich mit dem Blute der **Wirbellosen**. Auch bei ihnen

*) Blutkörperchen des Elephanten, die größten in der Classe der Säugethiere.

**) Blutkörperchen des Kameels. Dieselben sind in der ganzen Familie der Kameele ausnahmsweise von allen Säugethieren nicht rund, sondern elliptisch.

***) Blutkörperchen der Taube.

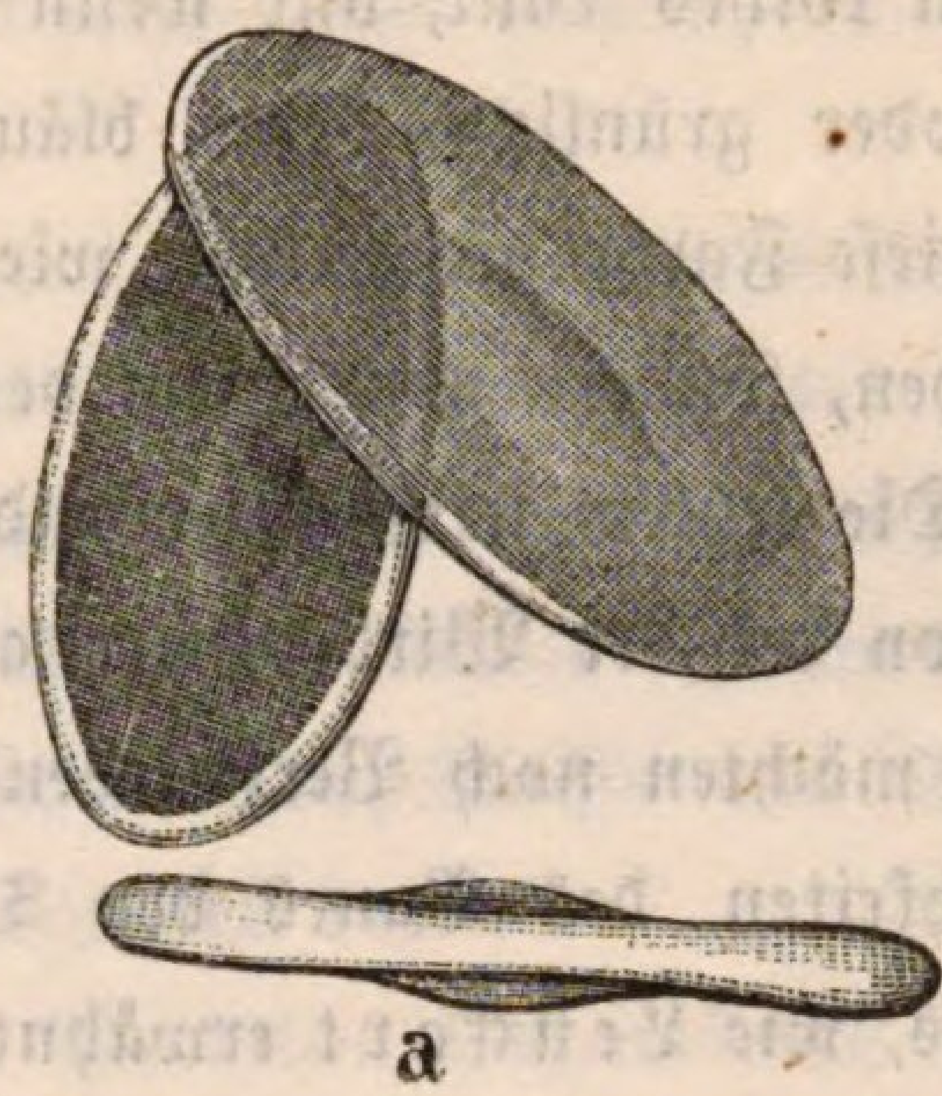
†) Blutkörperchen einer Schlange. a Lymphkörperchen. Sämmtliche Fig. 450—500 mal vergrößert. Nach Ecker a. a. O.

zwar besteht dasselbe aus einer Flüssigkeit und darin schwimmenden

Fig. 200.*)



Fig. 201.**)



sog. Blutkörperchen. Aber die letztern, bald in großer, bald in sehr geringer Anzahl vorhanden, sind hier ungefärbt und gleichen in Form und Größe entweder den Chyluskörperchen des Menschen, oder haben auch eine durchaus unregelmäßige gezackte, mit kleinen Hohlräumen versehene Gestalt, wie sie die nebenstehende Figur andeutet (Fig. 202). —

Fig. 202. ***)



---

*) Blutkörperchen vom Frosch. a Von der Kante gesehen.

**) Blutkörperchen vom Proteus anguineus. a Von der Kante gesehen. (Beide Fig. 450—500mal vergröß. Nach Ecker a. a. O.)

***) Blutkörperchen vom Regenwurm. Das rothe Blut desselben besteht aus farblosen Körperchen (a b c d e) und einer gelblichen Flüssigkeit. Die meisten Körperchen sind unregelmäßig, in sarcodeartige, oft stachlige Fortsätze ausgetrieben, von Hohlräumen durchklüftet. Ob die genannten Fortsätze bloß durch Platzen solcher Hohlräume entstehen, ist zweifelhaft. — a a a Körperchen mit vielen Hohlräumen und stachligen Fortsätzen, die Form und Stelle wechseln; die Hohlräume haben einen gelblichen Schimmer. b Ein solches in Wasser rundlich geworden.

Das ganze Blut erscheint in Folge dessen in der Mehrzahl der Fälle als eine ungefärbte, weiße Flüssigkeit; nur einige Ringelwürmer besitzen noch ein rothes Blut, und wenn andere Wirbellose hie und da ein gelbliches oder grünliches, ein bläuliches oder violettes Blut besitzen, so rührt diese Farbe nicht etwa, wie bei den Wirbelthieren, von den Blutkörperchen, sondern von einem der Blutflüssigkeit beigemischten Farbstoff her. Die letztere selbst betreffend, so scheint ihre Zusammensetzung weniger von der der Wirbelthiere abzuweichen. Nur in einzelnen Beziehungen möchten noch Verschiedenheiten vorkommen, welche mit Eigenthümlichkeiten des Baues der Thiere im Zusammenhang stehen. So läßt uns, wie Leuckart erwähnt,*) die Cellulose im Mantel der Mantelthiere auf eine entsprechende Beschaffenheit des Blutes, auf einen Reichthum an ternären Verbindungen (vielleicht Zucker) zurückschließen; so wird ferner der Gehalt an unorganischen Bestandtheilen mannigfach wechseln, bei den nackten Thieren geringer sein, als bei den gehäusetragenden u. s. w.; auch sei es erwähnt, daß sich bei einigen Wirbellosen statt des Eisens Mangan oder Kupfer im Blute findet. — Doch es erfordern diese Verhältnisse eine noch weit genauere Feststellung; wie in so mancher Beziehung, so sind auch in dieser unsere vergleichend-chemischen Kenntnisse des Thierreichs noch mehr, als in hohem Grade lückenhaft. —

Nach dieser Excursion nehmen wir den Faden unserer Betrachtung wieder auf. Das Blut, geschwängert mit nährenden und solchen Stoffen, die zur Bereitung irgend welcher besonderer Säfte (Drüsensäfte) verwandt oder aus dem Organismus entfernt werden sollen, gelangt also bis in die feinsten Capillargefäße hinein. Unendlich verschieden verhält es sich jetzt gegenüber den diese Gefäßchen umgebenden Geweben. Jenen liefert es die zur Bildung oder Restitution der Gewebe selbst, diesen die zur Galle-, Speichel- oder Darmsaftbereitung erforderlichen, andern wieder die zur gänzlichen Ausscheidung aus dem

---

c Noch mehr abgerundetes Körperchen mit Kern und gelblichen Hohlräumen. d Kerne. e Feine Körnchen. (Nach Ecker a. a. O. Taf. 3. Fig. 21. — 450—500 mal vergröß.)

*) Vergleich. Anat. u. Physiol. S. 167.

Organismus bestimmten Bestandtheile. Wie kommt es in der That, daß das Blut, ohne Wissen und Wollen, den verschiedenartigen Anforderungen der Gewebe genügt, hier die einen, dort andere, dort wieder andere Bestandtheile abgiebt?

Wir können es uns nicht verhehlen, daß wir mit dieser Frage ein noch sehr wenig aufgeklärtes Gebiet der Physiologie betreten. Wollen wir jedoch zu einiger Klarheit, zu einigermaaßen sichern Stützpunkten für unsere Vorstellung gelangen, so ist es vor Allem erforderlich, die feinern, hier obwaltenden anatomischen Verhältnisse ins Auge zu fassen. In aller Kürze sei darüber Folgendes bemerkt:

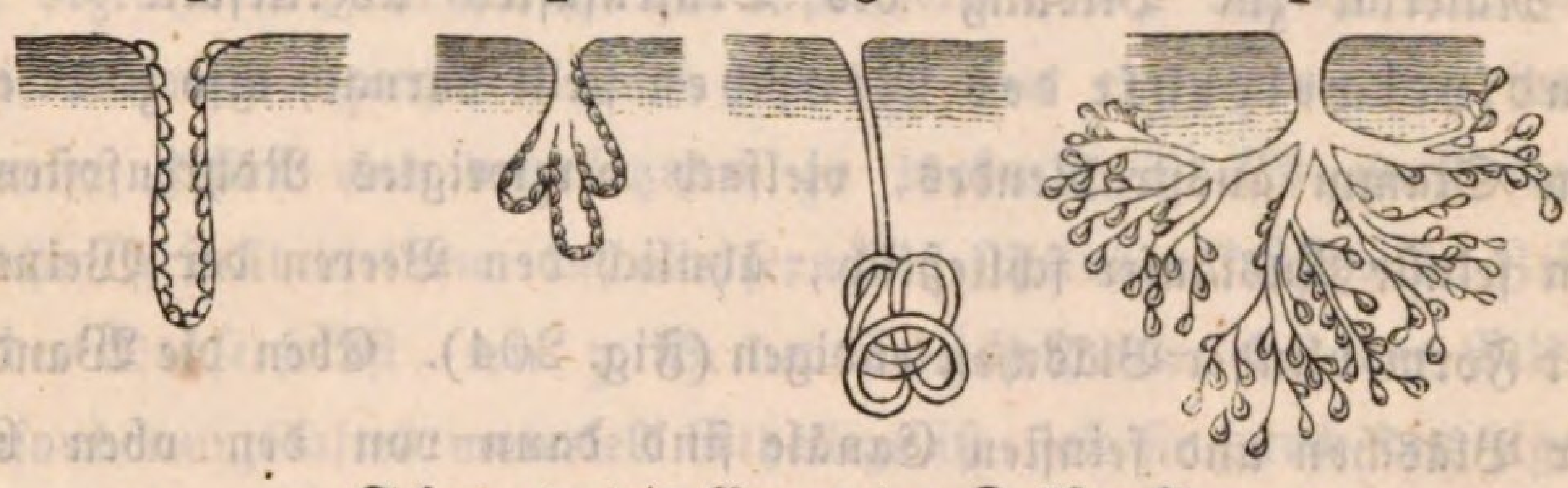
Ueberall im höher entwickelten thierischen Organismus sind die feinsten Blutgefäße, die Capillaren, von Geweben, die ursprünglich oder auch dauernd die Zellenstructur zeigen, dicht umgeben, sei dies Gewebe nun das der Nerven und Nervenzellen, das des Muskels, der Drüsen oder irgend ein andres. Gleichwie die Gefäße der Pflanzen von Parenchymzellen umlagert sind und an bestimmten Localitäten der nährende Saft aus jenen in diese übertritt, also liegen auch den feinsten Blutgefäßen des Thieres zellige, mit Flüssigkeiten getränkte Gebilde von den verschiedensten Formen an, der Art, daß ein Austausch der beiderseitigen Flüssigkeiten Statt haben kann. Stelle man sich das ganze Blutgefäßsystem der Wirbelthiere wie einen entblätterten Baum mit seinen Tausenden von Zweigen, Aesten und Aestchen vor, denke man sich ferner jeden freien Raum zwischen den letztern mit zelligen Gebilden ausgefüllt, und man wird ein im Allgemeinen richtiges Bild von der Verbreitung der arteriellen Blutgefäße zwischen den Geweben des Körpers vor Augen haben. — Doch die aufmerksame mikroscopische Betrachtung der durch Injection gefärbter Massen kenntlich gemachten feinsten Blutgefäße hat uns mehr gelehrt. Die tausendfältigsten Verschiedenheiten kommen vor, einerseits in der Vertheilung, der Menge und dem Verlauf der Capillaren, andrerseits in der Dichtigkeit oder Form des Gewebes, und daß sich darnach auch die Beziehungen zwischen Blut und Gewebe äußerst verschieden gestalten müssen, bedarf kaum noch der Erwähnung. Dort durchströmt das Blut in langgestreckten Gefäßchen in raschem Flusse ein Gewebe, und nur ein flüchtiger, ein unbedeutender Stoffaustausch ist ihm gestattet; dort wird es durch vielfache Verzweigungen

oder Krümmungen der Capillaren zu einem längeren Verweilen und langsameren Flusse in dem betreffenden Gewebe genöthigt, und eine innigere Wechselwirkung zwischen beiden ist damit ermöglicht; dort ist ein Gewebe überreich an Blutgefäßen und kann in jedem Augenblick große Mengen dieser oder jener Bestandtheile aus ihnen beziehen; hier ist es so compact, daß es auch nicht dem kleinsten Arterienästchen den Durchtritt gestattet, von einem entfernteren Blutgefäß vielmehr seinen Nahrungsstoff beziehen muß, und nur dadurch in seiner Integrität erhalten wird, daß dieser von Zelle zu Zelle sich verbreitet oder in besondern zarten Hohlräumen und Canälen, wie wir sie bei der Hornhaut des Auges oder im Knochen kennen lernten, den einzelnen Gewebsbestandtheilen zugeführt wird. Müssen nicht derartige Verhältnisse für die Ernährung, für den Stoffwechsel eines jeden Gewebes von größter Bedeutung sein? — Das Gewebe des Muskels lernten wir bereits kennen. Zwischen seinen einzelnen Fasern verlaufen der Länge nach die feinsten Blutgefäße, und, durch Queräste verbunden, umstricken und durchweben sie ihn gleich einem Fadennetze. Das Gewebe der Nervenbündel lernten wir gleichfalls kennen. Auch sie sind der Länge nach von feinsten Blutgefäßchen begleitet und umstrickt, und zwischen den Ganglienzellenmassen verbreiten sich dieselben nicht minder in zartester Verästelung. Den feinern Bau der Knochen haben wir ebenfalls gezeichnet. Ihr compactes Gewebe ist nur von wenigen Blutgefäßen durchzogen. Aber es tritt hier der letzte der oben erwähnten Fälle ein, und von Canälchen zu Canälchen dringt der den wenigen Blutgefäßen entzogene Nahrungssaft bis in alle Theile des Knochens vor. Die verschiedenartigen Drüsen endlich sind am reichsten von allen Organen mit Blutgefäßen versehen; in der mannigfaltigsten Anordnung sind dieselben in ihnen verbreitet; bald zu Knäueln aufgerollt, wie in den Nieren, bald zu Netzen verbunden, wie in der Leber, bald sich zweigförmig an den Drüsenzellen verbreitend, wie in den Speicheldrüsen. Doch um uns davon ein Bild verschaffen zu können, müssen wir mit dem feinern **Bau der Drüsen** überhaupt erst bekannt sein. Wie also zunächst steht es um diesen?

Bei Anlage einer Drüse hat die Natur überall offenbar den Plan verfolgt, auf einem beschränkten, oft kleinsten Raum eine möglichst

große Hautfläche auszubreiten. Dieser Plan ist durch sack- oder röhrenförmige Einstülpungen der natürlichen äußern oder innern Hautoberflächen realisirt. Die so gebildeten Einstülpungen sollten dann aber einerseits von Blutgefäßen umsponnen, andrerseits dagegen mit besondern Zellen, den sog. Drüsenzellen, welche zur Bildung des Drüsensaftes erforderlich waren, ausgekleidet sein, und im einfachsten Falle besteht darnach eine Drüse aus einer einfachen Einstülpung der äußern Haut oder der Schleimhaut der Verdauungs- und anderer Organe; die Innenwand dieser Einstülpung ist mit einer Zellenschicht ausgekleidet und das Material zur Bereitung des Drüsensaftes wird dieser Zellenschicht, so wie der eingestülpten Haut selbst von einem Blutgefäßnetze von außen zugeführt (Fig. 203, 1). Um die absondernde Fläche aber

Fig. 203.



Schemata des Baues der Drüsen.*)

noch zu vergrößern, wurde die einfache Ausbuchtung hier zu bedeutender Länge ausgedehnt, knäuelförmig aufgerollt, dort nach verschiedenen Seiten hin nochmals eingestülpt oder ausgebuchtet, und denkt man sich diese Einstülpungen in baumförmiger Verzweigung immer weiter fortgesetzt, denkt man sich die feinsten und letzten dieser Verzweigungen blind endigend, dicht und massenweise zusammengelagert und mit Zellen im Innern ausgekleidet, so kommt man zu der Vorstellung von dem Baue einer sog. zusammengesetzten, traubenförmigen Drüse (s. Fig. 203, 4). Die äußerste, letzte Endigung der Canäle ist aber in

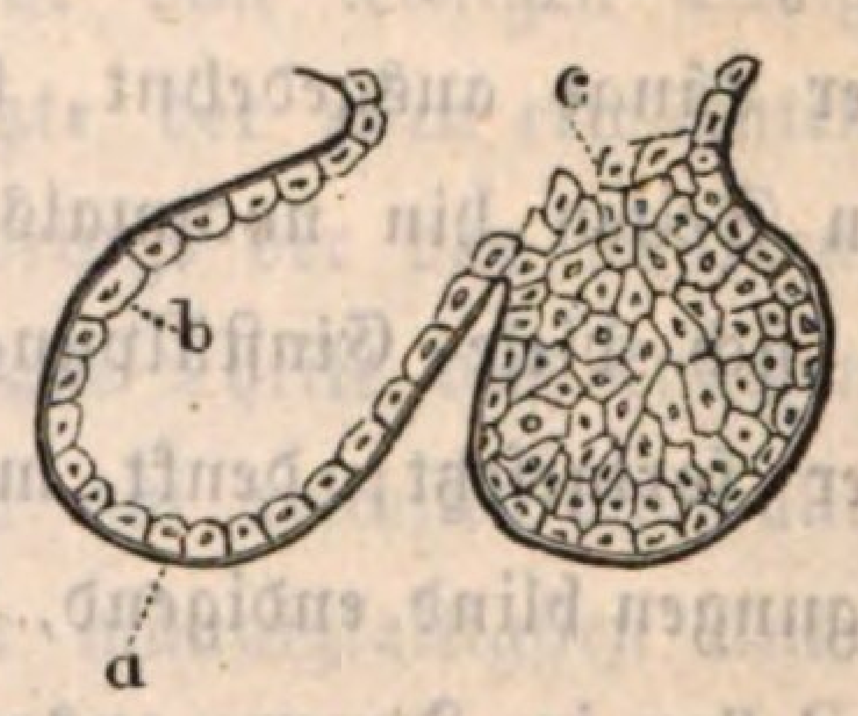
*) Die einfachste Form wie in 1, findet sich z. B. bei den Magendrüsen (s. Fig. 180 u. 181. S. 216); eine höhere Entwicklungsstufe, wie in 2, bei den Schleimdrüschen der Mundhöhle. — In der Form eines aufgerollten Canals, wie in 3, erscheinen die Schweißdrüsen der Haut. In 4 ist das Schema vom Bau einer Mundspeicheldrüse dargestellt.

verschiedenen Drüsen verschieden. Bald stellen sie in der That geschlossene Bläschen dar und diese sind mit einer Zellenschicht gleichmäßig ausgekleidet, bald sind sie, wie z. B. in der Leber, an und für sich offen, aber durch die in diesem Falle zu kleinen Haufen vereinigten Drüsenzellen verschlossen, der Art, daß der in den letzteren bereitete Drüsensaft dennoch immer in den Canal hineinsickern muß (s. Fig. 207); bald wieder endigen sie, wie bei der knäuelförmigen Aufrollung, einfach blind, bald biegt sich der Canal, mit oder ohne Bildung solcher Knäuel, schlingenförmig um, um in sein eignes Anfangsstück wieder einzumünden. Immer aber verbinden sich insonderheit den äußersten Endigungen der Canäle und den mit ihnen verbundenen Drüsenzellen die feinsten Blutgefäße, sei es nun in Form eines Netzes oder in andrer Form, und immer wird den Drüsenzellen von diesen Blutgefäßen das Material zur Bildung des Drüsensaftes überliefert. — Eine Mundspeicheldrüse des Menschen stellt darnach also z. B. ein von einem Stamm ausstrahlendes, vielfach verzweigtes Röhrensystem dar, dessen feinste Ausläufer schließlich, ähnlich den Beeren der Weintraube, in der Form blinder Bläschen endigen (Fig. 204). Eben die Wandungen dieser Bläschen und feinsten Canäle sind dann von den oben bezeichneten Zellen dicht ausgekleidet (Fig. 205), und von Blutgefäßchen und

Fig. 204. *)



Fig. 205. **)



*) Die Läppchen einer Speicheldrüse eines viermonatlichen Embryo. Die birnförmigen Endbläschen sind beim Erwachsenen buchtig, rund; der Bau der ganzen Drüse erhellt aber aus der Zeichnung sehr deutlich. — 16 Mal vergrößert. (Ecker a. a. O. Taf. 9. Fig. 6.)

**) Zwei einzelne Drüsenbläschen, 300mal vergrößert. Nach Kölliker Mikroscop. Anatom. Bd. II. S. 38. — a Die eigentliche Drüsen-

wahrscheinlich auch Nervenendigungen durchwirkt, und während in ihnen selbst die Speichelflüssigkeit bereitet wird, dienen die Röhrchen und Röhren, die schließlich in einem Stamm sich vereinigen, dazu, die ihnen überlieferte Flüssigkeit dem Munde zuzuführen. Nach diesem Schema sind viele Drüsen gebaut, und, einerlei ob sie ein verzweigtes Röhrensystem enthalten oder nur einfache Blindsäckchen mit einem Ausführungsgange darstellen, immer findet sich in ihnen die den specifischen Absonderungssaft bereitende Zellenschicht, oder es hat doch, wo sich eine solche nicht findet, ein ständiger Zellenbildungsproceß in ihnen Statt. Im letztern Falle werden dann, wie z. B. in den Magendrüsen, die stets neu erzeugten Zellen mit den flüssigen Bestandtheilen des Absonderungssaftes aus der Drüse hinausgeschwemmt (s. S. 215), sie werden, mit andern Worten, nicht bleibende Formbestandtheile der Drüse selbst, wie die bezeichnete Zellenschicht der Speicheldrüsen. Ist es aber möglich, die Analogie zwischen jenen ständig neu erzeugten und fortgeschwemmten Zellen und den letztern zu verkennen? Es muß freilich noch dahin gestellt bleiben, in wie fern die scheinbar festsitzende Zellenschicht der Drüse selbst, wie z. B. der Speicheldrüse, bei der Bildung des Absonderungssaftes materiell betheiligt ist, ob sie durch den eigenen allmähligen Zerfall oder die eigene Auflösung einen Beitrag zu demselben liefert. Unwahrscheinlich ist es jedoch nicht, daß auch all diese Zellenschichten keine dauernde Existenz haben, sondern oftmals untergehen und eben so oft neu entstehen, und ist dem so, so würden wir auch hier, wie bei den Labzellen der Magendrüsen oder bei den Blutkörperchen, in dem Zellenbildungsproceß ein Mittel zur Erzeugung gewisser Substanzen, die zu irgend welchen Metamorphosen der Nahrungsstoffe oder irgend welchen Bildungsprocessen erforderlich sind, ein Mittel vielleicht zur Erzeugung der eigenthümlichen Fermentsubstanzen, die wir im Speichel und Bauchspeicheldrüsensafte kennen lernten, anerkennen müssen. Wir nähern uns immer mehr der Anschauung, daß neben den zu bleibenden Gewebsbestandtheilen werdenden Zellen, Millionen von Zellen

---

bläschenhaut. b Die Drüsenbläschen, wie sie im ideellen Durchschnitt erscheinen. c Die Drüsenzellen, von der Fläche gesehen, das Innere des Drüsenbläschens auskleidend. —

im thierischen Organismus erzeugt werden, welche eine nur ganz momentane oder ephemere Existenz haben und nur als Mittel zur Herstellung gewisser chemischer Verbindungen und damit zur Einleitung gewisser Stoffmetamorphosen (Fermentationsvorgänge) zu betrachten sind. Doch wir bewegen uns hier noch auf einem dunkeln Gebiete, und um so mehr nur wollen wir uns auf eine kurze Andeutung beschränken. — Mit dem Bau der Leber verhält es sich, wie erwähnt, anders. In ihr bilden die Aeste der Pfortader (s. S. 242) eine unendliche Anzahl kleiner Gefäßnetze, wie sie in Fig. 206 dargestellt sind, und während diese Gefäße selbst gleichsam ein Gerüst von Tausenden kleinster und eng verbundener sog. „Leberläppchen" oder „Leberinseln" bilden, sind ihre Zwischenräume oder Maschen mit den zusammengelagerten Drüsenzellen (Leberzellen) (Fig. 207) ausgefüllt.

Fig. 206.*)

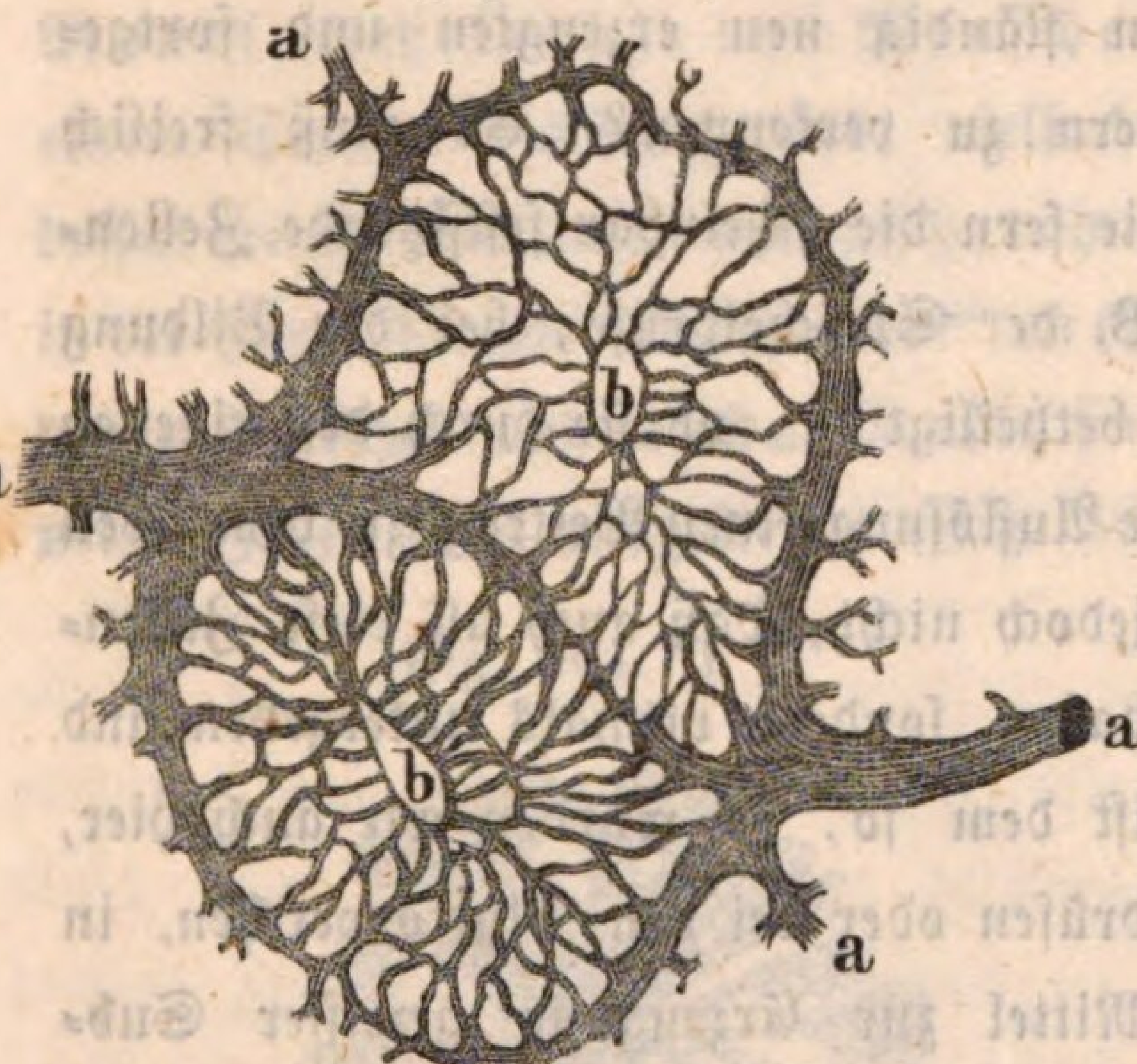
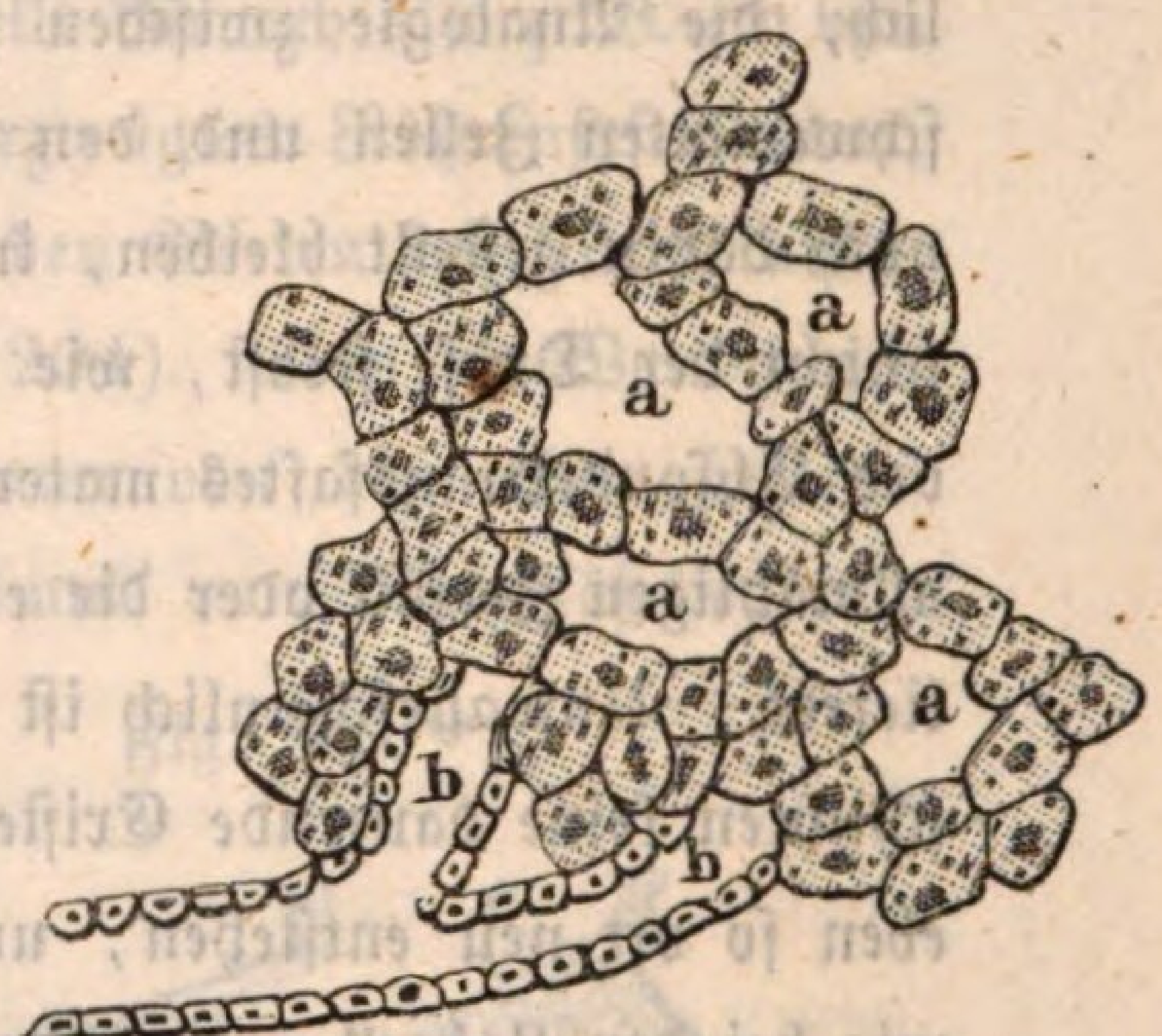


Fig. 207.



*) Die Verzweigung der Aestchen der Pfortader in den Leberläppchen oder Leberinseln (25mal vergrößert). Die Aestchen a a a fließen zusammen, geben nach allen Seiten hin kleinere Zweige ab, die Zweige verästeln sich wieder, bilden ein Capillargefäßnetz, und die einzelnen Capillaren münden dann in den in dem Centrum eines jeden Läppchens verlaufenden Ast der Lebervene (b b), durch welche das Blut wieder aus der Leber fortgeführt wird. Die einzelnen Maschenräume zwischen den Pfortaderzweigen sind nun mit den sog. Leberzellen ausgefüllt, die in Fig. 207 450mal vergrößert dargestellt sind. Die Lücken a a a sind als von den Pfortaderzweigelchen ausgefüllt zu denken. Die in den Zellen

Die Aestchen jener Gefäßnetze laufen dann überall und zwar in jedem Läppchen in einen in der Mitte desselben liegenden Venenast, — einen Ast der Lebervene, welche das Blut wieder aus der Leber hinaus und auf den Weg zum Herzen bringt, — zusammen; die in den Drüsenzellen bereitete Galle wird dagegen den sog. Gallengängen, deren Anfang man sich in der in Fig. 207 dargestellten Weise zu denken hat, überliefert und von diesen endlich dem Hauptgallengange, welcher einmal zur Gallenblase und andrerseits in den Darmcanal führt, übergeben. Auch hier ist es fraglich, ob nicht etwa einzelne dieser Drüsenzellen bei der Bildung der Galle materiell betheiligt sind, sich also auflösen und ständig durch neue ersetzt werden. Doch, wie immer, diese Drüsenzellen sind, ebenso wie die oben bezeichnete Zellenschicht der traubenförmigen Speicheldrüsen, die eigentlichen und wesentlichen Vermittler der Bildung des Drüsensaftes; das Material dazu wird ihnen von den sie umstrickenden Blutgefäßen zugeführt, und auf die Darstellung nur dieses Verhältnisses kam es uns gegenwärtig an.

Die anatomischen Beziehungen der Blutgefäße zu den Geweben sind damit im Allgemeinen gezeichnet. Die Darstellung besonderer Verhältnisse einzelner aussondernder Drüsen, wie der Nieren, der Hautdrüsen u. s. w. behalten wir uns noch für den folgenden Vortrag vor. Wie denn also, so fragen wir jetzt von Neuem, kommt es, daß das Blut diesen Geweben diese, jenen andre, und jenen wieder andere Bestandtheile überliefert? Oder, um es sogleich richtiger auszudrücken, wie geschieht es, daß dem Blute das eine Gewebe diese, das andre jene, ein drittes wieder andre Bestandtheile entzieht?

Als wir von der Aufnahme des Nahrungssaftes im Darmcanal von Seiten der Blutgefäße sprachen, machten wir auf die diese Aufnahme regulirenden Gesetze der En- und Exosmose aufmerksam und wiesen nach, daß dieselben bei der Auffaugung jenes Saftes ohne Frage

---

bereitete Galle fließt aber von ihnen aus in die ersten Anfänge der Gallengänge b b hinein, die allmählig zu immer größern Canälen und schließlich zu dem einen großen Lebergallengang zusammentreten. (Nach Ecker und Kölliker a. a. O. — Ecker Taf. 7. Fig. 7 und 3. Kölliker Bd. II. S. 220.)

eine bedeutende Rolle spielen. Treffen wir jetzt aber, gleichsam an dem entgegengesetzten Ende der Blutgefäße, nicht auf durchaus ähnliche Verhältnisse? Das Blut ist hier der Nahrungssaft, die die Blutgefäße umgebenden, mit Flüssigkeiten getränkten Zellen stehen ihm, wie dort die Blutgefäße dem Nahrungssaft, gegenüber. Müssen also nicht auch hier die Gesetze der Diffusion der Flüssigkeiten für den Austausch der in den Blutgefäßen und in den Zellen enthaltenen Fluida von größter Bedeutung sein? Ist der Muskel oder der Nerv arm an Wasser, so wird er dem Blute Wasser entziehen, und ist der Muskel oder der Nerv reich an gewissen Säuren, haben die sie durchtränkenden Flüssigkeiten eine saure Reaction, wie es insonderheit von dem durch Arbeit ermüdeten Muskel bekannt ist, so werden gewisse Bestandtheile dieser Flüssigkeiten mit Nothwendigkeit nach den Gesetzen der Diffusion in das alkalisch reagirende Blut eintreten müssen. Daran, in der That, kann kein Zweifel mehr sein, daß die Diffusionsvorgänge zwischen Blut und den elementaren Gewebsbestandtheilen, d. h. den Zellen, für die gesammten Ernährungserscheinungen der Gewebe von größter Bedeutung sind. Aber noch weiter. Wir erwähnten, daß die Vertheilung, Anordnung und Anzahl der Blutgefäße in verschiedenen Geweben äußerst verschieden seien, daß das Blut in Folge dessen ein Gewebe langsamer oder rascher durchströme, als ein andres; wir fügen hinzu, daß das Blut in Folge eben dieser Verhältnisse in verschiedenen Geweben auch unter einem verschiedenen Drucke steht. Sind das aber nicht sämmtlich Verhältnisse, die auf den Diffusionsvorgang modificirend einwirken müssen? Wir haben uns ferner vorzustellen, daß die die Blutgefäße umlagernden Zellen mit verschiedenartigen Flüssigkeiten durchtränkt, daß ihre Wandungen hie und da eine verschiedene Dicke oder Dichtigkeit besitzen, daß sie darnach bald nur diese, bald nur jene Flüssigkeiten durch sich hindurchtreten lassen, und daß auch darnach der Diffusionsvorgang die mannigfachsten Abänderungen erfahren muß, ist seit jener Zeit gewiß, wo wir von der specifischen Verschiedenheit verschiedener Zellen und Zellencomplexe in Kenntniß gesetzt sind. Endlich sei es noch erwähnt, daß das Blut keineswegs überall, in allen Theilen seiner Bahn, dieselbe Zusammensetzung hat; das in die Leber eindringende Pfortaderblut ist z. B. mit andern Stoffen geschwängert, als das zu den Speicheldrüsen

oder zu dem Muskel fließende arterielle Blut;*) und daß auch darnach wieder in den Diffusionsvorgängen zwischen Blut und Gewebsflüssigkeiten eine mannigfaltige Verschiedenheit obwalten muß, unterliegt keinem Zweifel. So haben wir eine lange Reihe physikalischer Verhältnisse vor uns, die die Stoffabgabe und Stoffaufnahme von Seiten des Blutes und der Gewebe reguliren, und wir dürfen ohne Frage behaupten, daß die Feinheit und Extensität dieser Verhältnisse einen weit größeren Umfang besitzt, als wir uns bis dahin vorzustellen oder gar durch das Experiment klar zu machen vermögen. Ob jedoch eine auch richtige und klare Erkenntniß der hier obwaltenden Verhältnisse eine genügende Erklärung der verschiedenartigen Beziehungen zwischen Blut und Geweben ermöglichen wird? — Ob es nur die bezeichneten physikalischen Verhältnisse sind, die den Uebertritt gewisser Blutbestandtheile in nur gewisse Gewebe oder Zellencomplexe bedingen? — Wir müssen die bestimmte Antwort auf diese schwierigen Fragen hier ebenso schuldig bleiben, wie dort, wo es sich um den Uebertritt der Nahrungsstoffe aus dem Darmcanal in die Darmzotten handelte (vgl. S. 239). — Scheinen will es jedoch, daß überall, wo es sich um den Diffusionsvorgang, um die Ausscheidung des Materiales zur Zellenernährung, Zellenbildung und Drüsensaftbereitung handelt, auch noch andre, als die erwähnten Einflüsse obwalten, und wenn es insonderheit schwer halten würde, mit jenen allein die specifischen Functionen der verschiedenartigen Drüsen zu erklären, wenn wir in ihnen kaum einen Anhalt finden, um hier die Bildung der Galle, dort die Bildung des Speichels, dort die des Magensaftes zu begreifen, so wollen wir uns nur um so mehr des früher (S. 118) erwähnten, berühmten Speichelexperimentes von Ludwig erinnern, um eingedenk zu sein, daß auch die Electricität bei diesen Vorgängen möglicherweise eine bedeutende Rolle spielen kann. In jenem Experimente sahen wir auf Reizung des zu den Speicheldrüsen verlaufenden Nerven durch den electrischen Strom, bei Ausschluß aller etwaigen andern Einflüsse, die Menge des abgesonderten Speichels sofort beträchtlich zunehmen, und so wenig wir uns diesen Eingriff des Nervensystems in den Vorgang der Absonderung

*) Vgl. hierüber den 14. Vortrag.

auch noch zu deuten vermögen, die Thatsache steht fest und es erhellt daraus, daß die electrischen Kräfte des Nervensystems wahrscheinlicher Weise auch hier einen bestimmten und mächtigen Einfluß ausüben. Es sind diese Kräfte nach jenem Experiment nicht mehr eine Zufluchtsstätte der Unwissenheit; die „allverbreitete" Kraft, welche auf Stoffzersetzung und Stoffverbindung so mächtig einwirkt, sie scheint vielmehr auch hier mit Bestimmtheit in Frage zu stehen. Wenn es aber wahr ist, daß in den Organismen ein form- und stoffbildendes Princip waltet, so sollte man in Anerkennung solcher Thatsachen eher die Frage in Betracht ziehen, ob jenes Princip nicht identisch sei mit der electrischen Kraft der Organismen, die uns in ihren eigenthümlichen Aeußerungen in denselben ja kaum bekannt zu werden beginnt, als man mit dictatorischer Bestimmtheit jenes Princip als etwas für die Organismen Specifisches, Eigenthümliches und als dasjenige proclamirt, was man bisher mit der dunklen Bezeichnung der „Lebenskraft" belegte. —

Wir haben die Nahrungsstoffe jetzt durch das Blut hindurch, aus dem Blute hinaus und in die Gewebe hinein verfolgt. Es ist nachdrücklich hervorgehoben, daß das eine Gewebe dem Blute andre Bestandtheile entzieht, als ein zweites oder drittes. Was wird nun mit ihnen? Im Allgemeinen haben wir es schon angedeutet. Hier findet eine Neubildung von Zellen und Geweben Statt, dort werden besondere Säfte präparirt; hier bilden sich Muskel-, Nerven-, Knochengewebe oder Drüsenzellen, dort entstehen Galle, Speichel, Darmsaft u. s. w. Aber, wunderbar genug, Gewebe und Säfte bestehen jetzt aus ganz neuen Verbindungen, aus Verbindungen, die zum großen Theil vorher gar nicht im Blute enthalten waren. Das Syntonin des Muskels, der Fermentstoff des Speichels, die Taurocholsäure und Glycocholsäure der Galle u. s. w., sie waren als solche nicht in dem Blute vorhanden. Bleibt also, um ihr Vorhandensein zu erklären, eine andre Annahme übrig, als daß ein Theil der aus dem Blute in die Gewebe oder Drüsenzellen übergetretenen Bestandtheile sofort weitern Metamorphosen unterliegt? Daß sofort, nachdem sie das Blutgefäßsystem verlassen haben, neue Kräfte, Kräfte, die nothwendiger Weise in den Geweben selbst und deren einzelne Zellen ihren Sitz haben müssen, auf sie einwirken? Wir können in der That nicht zweifelhaft sein, daß dem so ist.

Doch eben so wenig, wie wir die verschiedenartigen Stoffgemenge selbst kennen, die aus dem Blute in die verschiedenartigen Gewebe übertreten, wissen wir etwas Näheres über diese Metamorphosen, und mit der Frage nach ihnen betreten wir das schwierigste Gebiet der Physiologie. Wir müssen uns vorläufig mit der ganz allgemeinen Anschauung begnügen, daß die in die verschiedenen Gewebe und Drüsenzellen eingetretenen Blutbestandtheile gewissen, und in verschiedenen Organen verschiedenen Spaltungen in einfachere Verbindungen oder gewissen Metamorphosen, die, wie man annimmt, durch eine verschiedene Lagerung der Atome herbeigeführt werden, unterliegen, und daß sich so aus gewissen Blutbestandtheilen z. B. die Bestandtheile der Galle, aus andern das Syntonin des Muskels, aus andern die Fermentsubstanz des Speichels u. s. w. hervorbildet. Es ist dabei die doppelte Möglichkeit vorhanden, daß die vom Blute in die Gewebe übergetretenen Bestandtheile entweder sämmtlich eine gewisse Zeit lang den letztern verbleiben und nur ihre Form, ihre atomistische Gruppirung ändern, oder daß sie nach erfolgter Metamorphose oder Spaltung nur zum Theil in dem Gewebe zurückgehalten werden, zum Theil dagegen in das Blut zurücktreten. Im letztern Falle haben wir dann die Gewebe oder die Drüsenzellen, ähnlich wie die Blutkörperchen, geradezu als Bildungsheerde, als chemische Laboratorien gewisser Gewebs- oder Drüsensaftbestandtheile einer-, und gewisser zu weiterer Verwendung oder zur Ausscheidung aus dem Organismus bestimmter Blutbestandtheile andrerseits zu betrachten, und daß dieses Verhältniß ein thatsächliches ist, ist als sicher anzunehmen. Es gehört hierher z. B. jener durch C. Schmidt so wahrscheinlich gemachte, früher (S. 222) erwähnte Zerfall des Kochsalzes in der Bauchspeicheldrüse in Chlorwasserstoffsäure und Natron, von denen die erstere dann ins Blut zurücktritt und mit ihm dem Magen zugeführt wird, um Bestandtheil des Magensaftes zu werden, das letztere dagegen in die Mischung des Bauchspeicheldrüsensaftes eingeht, um mit ihm dem Darmcanal zuzufließen. Es gehört hierher ferner jene eigenthümliche Spaltung gewisser organischer Verbindungen, vielleicht des Hüllenstoffs und des Globulins der Blutkörperchen (S. 267), aus welcher vermuthlich in der Milz und Bauchspeicheldrüse einerseits gewisse, dem Safte der Drüse oder den Bildungsproducten der Milz einverleibte Verbindungen,

andrerseits jene früher erwähnten, Leucin und Tyrosin genannte Verbindungen *) resultiren, welche dann ins Blut zurücktreten, der Leber zugeführt werden und hier wahrscheinlich eine abermalige Metamorphose, und zwar eine Metamorphose zu Gallenbestandtheilen erleiden. Doch wir treffen hier kaum auf eine festgestellte Thatsache, wir ahnen und vermuthen nur, daß die physiologischen Ereignisse in den Geweben oder Drüsenzellen der oder der Art sein können und müssen, und fragen wir gar nach den Ursachen der fraglichen Spaltungen und Metamorphosen, so sehen wir uns noch mehr von jeder bestimmten Antwort verlassen, so wahrscheinlich es auch ist, daß auch hier wieder electrische, in den einzelnen Zellencomplexen oder Organen verschiedene, unserm Verständniß bis dahin aber gänzlich entzogene Kräfte eine überaus hervorragende Rolle spielen.

Begnügen wir uns also mit dem Wissen, daß in den Drüsenzellen der verschiedenen Drüsen die verschiedenen Absonderungssäfte, als Galle, Speichel, Magensaft, Darmsaft u. s. w. zubereitet werden, und daß ihnen das Material dazu von dem Blute aus geliefert wird, daß ferner die chemischen Bestandtheile sowohl, als die Formelemente der Gewebe zum größten Theil ebenfalls erst innerhalb derselben, also außerhalb des Blutes gebildet werden und daß das Material auch zu diesen Bildungsvorgängen ebenfalls und mit strenger Nothwendigkeit von dem Blute aus geliefert wird. Ueber die Einzelnheiten des Geschehens in diesen Beziehungen haben wir alle Aufklärung noch von der Zukunft zu hoffen. Sind die Drüsensäfte aber einmal bereitet, so fließen sie, wie wir bereits wissen, continuirlich oder auf gegebenen Nervenreiz aus den Zellen in die Abführungscanäle der Drüsen und von diesen aus ihrem letzten Bestimmungsort, dem Orte, wo sie zur Wirkung kommen sollen, zu; und ist andrerseits das Material zur Restitution oder Neubildung von Geweben einmal in diese hineingedrungen, so nimmt es zum Theil wenigstens Form und Gestalt eben des Gewebes an, welches es durchtränkt. — Doch wie erfolgt diese Gestaltung? Wie wird das formlose Material zum Formbestandtheil der Gewebe selbst? — Lassen

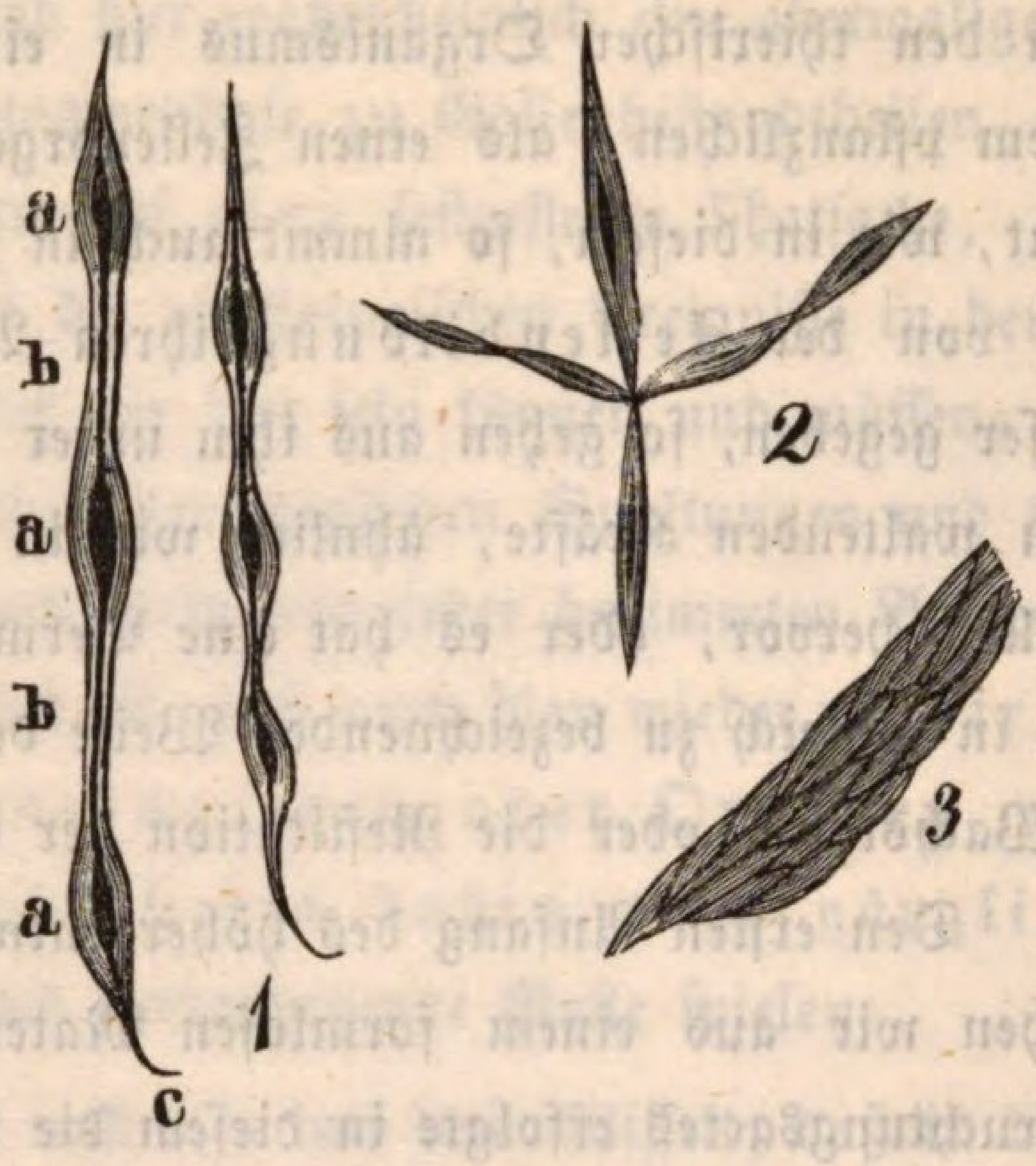
*) Vgl. S. 222.

wir eine kurze Betrachtung dieses Actes der Lebensvorgänge den Schluß unserer gegenwärtigen Betrachtung bilden.

Wir haben den thierischen Organismus in einem frühern Vortrage, gleich dem pflanzlichen, als einen Zellenorganismus bezeichnet, und, in der That, wie in diesem, so nimmt auch in jenem die Gewebsbildung überall von der Zellenbildung ihren Ausgang. Ist das Material zu dieser gegeben, so gehen aus ihm unter Einwirkung der in den Organismen waltenden Kräfte, ähnlich wie in den Drüsen, entweder direct Zellen hervor, oder es hat eine Vermehrung schon vorhandener Zellen in sogleich zu bezeichnender Weise der Art Statt, daß damit für das Wachsthum oder die Restitution der Gewebe Sorge getragen wird. — Den ersten Anfang des höher entwickelten thierischen Organismus sehen wir aus einem formlosen Material bestehen. In Folge eines Befruchtungsactes erfolgte in diesem die sog. Dotterklüftung und Zellenbildung in der früher beschriebenen Weise. Es lagerten sich die Zellen, als erste Bausteine des Organismus, in dreifacher Lagerung und verschieden an Größe übereinander; aus ihrer Verschmelzung nach uns bis dahin unbekannten Gesetzen, aus ihrer gleichzeitigen zweifellosen materiellen und formellen Verschiedenheit, deren Grund uns aber ebenfalls noch verborgen ist, gingen die verschiedenen Gewebe des Thierkörpers hervor. Neuere mikroscopische Untersuchungen sich entwickelnder Organismen lassen uns nicht mehr an der Richtigkeit dieser Angaben zweifeln, und unter andern werthvollen Arbeiten weisen uns namentlich diejenigen von Kölliker, Remak, Günsburg u. A. auf dieselbe hin. Eine Muskelfaser entsteht also z. B. durch Verschmelzung mehrer spindelförmiger Zellen, welche aus den Bildungskugeln oder Zellen des Keimes hervorgingen, und indem sich mehre solcher Muskelfasern nebeneinander lagern, entsteht ein Muskelfaserbündel (Fig. 208). Aus den Kernen der Muskelfaserzellen gehen dabei die Muskelfibrillen hervor; in einer frühen Zeit sieht man den Hohlraum der verschmolzenen Zellen noch mit jenen Kernen und einer feinkörnigen Masse erfüllt. Ganz in ähnlicher Weise gehen die Nervenröhren aus der Verschmelzung sehr zarter spindelförmiger Zellen hervor, während die Ganglienzellen ursprünglich einfache rundliche Zellen mit höchstens einer fadenförmigen Verlängerung darstellen. Und nicht anders mit andern Geweben. Sie

alle nehmen von den ersten Zellen des Keimes. ihren Ausgang; und

Fig. 208 a. *)



die verschiedenartige Combination oder Stärke der für dieselben in Frage stehenden erregenden Kräfte, so wie die nicht zu bezweifelnde materielle Differenz der einzelnen Zellen scheinen die bedingenden Momente der verschiedenartigen Gewebsbildung selbst zu sein. — Anders jedoch, wenn die ersten Bausteine bereits verwandt und zu Geweben verschmolzen sind. Auch jetzt noch findet eine ständige Zellenvermehrung, und in Folge davon ein ständiges Wachsthum Statt, sei es nun, daß das Material dazu, wie beim bebrüteten Hühnchen, durch die Bestandtheile des Eies, oder, wie beim Säugethier, durch das Blut der Mutter, und später, im gereiften, selbständigen Organismus durch dessen eigenes Blut geliefert wird. Aber diese Zellenvermehrung erfolgt nicht mehr in der frühern Weise; neue und verschiedene Zellenbildungs-

---

*) 1 Die zu einer Muskelprimitivröhre vereinigten Zellen. a a zeigen noch die unversehrten Kerne der Zellen. Bei b ist die Anordnung von Molekülen zur spätern Fibrillenbildung sichtbar. c Accessorisches Plättchen am Ende der Primitivröhren. — 2 Längsovale Faserzellen, zu Primitivröhren verschmolzen, von den Rumpfmuskeln eines zehnwöchentlichen Embryo. — 3 Muskelfasern der Bauchdecken eines fünfwöchentlichen Embryo. (Nach Günsburg: Untersuchungen über die erste Entwicklung verschiedener Gewebe des menschlichen Körpers. 1854.)

arten machen sich geltend, und was auch in dieser Beziehung die mikroscopischen Forschungen der Neuzeit bis dahin ergeben haben, fassen wir kurz in Folgendem zusammen.

Gleich wie im pflanzlichen Organismus, so unterscheiden wir auch im thierischen eine freie Zellenbildung in einem bildungsfähigen Material, und eine Neubildung von Zellen (Tochterzellen) innerhalb älterer sog. Mutterzellen. Im letztern Falle findet die Neubildung der Zellen dann entweder frei im Innern der Mutterzelle Statt, oder sie geht aus Theilungen des Inhalts bei wenigstens zeitweiligem Fortbestande der Hülle der Mutterzelle hervor. Aber es kommt die Zellenbildung im thierischen Organismus auch noch in einer dritten Weise und zwar dadurch zu Stande, daß sich eine Zelle, auf einem gewissen Höhepunkte des Wachsthums angelangt, ähnlich wie wir es bei Betrachtung der Vermehrungsarten niederster Thierformen kennen lernten, der Quere oder Länge nach in Hälften theilt, jede dieser Hälften sich dann aber wieder zur vollkommnen Zelle entwickelt und, mit ihrem Zwilling in Verbindung bleibend, einen Ersatz liefert für untergegangene Zellen, oder das Wachsthum der Gewebe bedingt; und während eben diese Vermehrungsart im Pflanzenreich nur äußerst selten vorkommt, ist sie in den thierischen Organismen scheinbar die weitverbreiteste, so daß das Wachsthum der meisten Gewebe durch ständige Zellentheilung bedingt wird.

Was die freie Zellenbildung in einem bildungsfähigen Materiale betrifft, so hat dieselbe für die Chyluskörperchen (s. S. 245), die Blutkörperchen, die Labzellen der Magen- und Darmdrüsen, vielleicht auch für alle übrigen Drüsenzellen Geltung. Der Vorgang ist dabei ganz derselbe, wie er bei der Pflanzenzelle bereits geschildert wurde.*) Es bilden sich in der Bildungsflüssigkeit Körnchen und Kerne, die die Zellhülle constituirenden Bestandtheile (vorzugsweise wahrscheinlich eiweißartige Verbindungen und Knochenerde) lagern sich um die Kerne ab, und, zur Zellhaut verbunden, heben sie sich von den Kernen selbst bläschenförmig ab. Die freie Bildung von Tochterzellen in Mutterzellen kommt scheinbar selten, vielleicht nur bei niedern Thieren, vor. Von der Zellenbildung durch Theilung des Inhaltes einer Mutterzelle

*) S. Bd. I. S. 235.

liefern dagegen die sog. Dotterklüftungen im befruchteten Säugethierei, und die in einiger Beziehung ähnliche Bildung der Knorpelzellen, die ganz der im Pflanzenreiche am weitesten verbreiteten Zellenvermehrungsart gleicht, Beispiele. Die Theilung der ganzen Zellen endlich ist, wie erwähnt, der häufigste Modus der Zellenvermehrung im thierischen Organismus, und sie erfolgt, wie angedeutet, in ganz ähnlicher Weise, wie die Theilungen niederster, einzelliger Thiere, nur mit dem Unterschiede, daß hier die Theilhälften mit einander verbunden bleiben. Wahrscheinlich geht einer solchen Theilung allemal eine Theilung des Kernes der ursprünglichen Zelle voraus, zwischen beiden Kernen bildet sich im Innern der Zelle der Länge oder Quere nach eine Scheidewand, und zwei Zellen sind damit aus einer hervorgegangen. *) Daß sich dabei aus Muskelzellen nur Muskelzellen, aus Nervenzellen nur Nervenzellen u. s. w. entwickeln, darf uns nicht Wunder nehmen. Zwischen jedem einzelnen Gewebe, ja zwischen jeder einzelnen Zelle und dem das Material zur Neubildung liefernden Blute walten von Anfang an bestimmte Beziehungen, welche den Gewinn einer in jedem Falle besonders constituirten Bildungsflüssigkeit sichern, ob; ja wir sind zu der Annahme gezwungen, daß auch die den einzelnen Geweben und deren elementaren Formbestandtheilen inhärenten Kräfte von verschiedenartiger Stärke oder verschiedenartig combinirt sind, und daß diese Kraftverhältnisse die Entwicklung eines jeden Gewebes regeln, in bestimmte Wege hineinzwingen. Was die erste und uranfängliche Verschiedenheit der Zellen bedingt,

---

*) In neuerer Zeit beginnt man die bisher festgehaltenen Unterschiede zwischen der Pflanzenzelle und der thierischen Zelle aufzugeben. Man sieht den stickstoffhaltigen sog. Primordialschlauch der Pflanzenzelle als die eigentliche Hülle derselben an und betrachtet die stickstofffreie Cellulose nur wie einen Niederschlag auf derselben. Die stickstoffhaltige Hülle der thierischen Zelle soll dann dem Primordialschlauch der Pflanze verglichen werden, und Bindegewebs- oder elastische Substanzen, die der thierischen Zellhülle innig verbunden sind und selbst vielleicht das Bindungsmittel zwischen vielen Zellen abgeben, der Cellulose. — Wir beschränken uns hier jedoch auf diese Andeutung, da, wie das ganze Gebiet der Zellenformationslehre noch durchaus nicht abgeschlossen ist, so auch insonderheit die vorliegende Frage noch fern von ihrer Erledigung ist.

was deren ersten Aufbau zum Organismus leitet, ist uns bis dahin verborgen, wenn auch in neuerer Zeit und vielleicht nicht mit Unrecht (von Baumgärtner)*) gerade in letzterer Beziehung wieder vorzugsweise die electrischen Kräfte in Anspruch genommen werden. Sind diese ersten Formbestandtheile aber einmal gegeben, so liegt die Erklärung der gleichartigen Fortentwicklung derselben nicht außerhalb des Gebietes der Möglichkeit, und man bedarf scheinbar auch hier keines besondern formbildenden Principes, keiner in den Organismen waltenden Lebenskraft, um diese Erklärung zu liefern. Es verhält sich in diesem Falle die einzelne junge Zelle zu der älteren in durchaus ähnlicher Weise, wie der gesammte neu entstehende thierische oder pflanzliche Organismus zu dem mütterlichen. Wie wir die von Generation zu Generation forterbende typische Verschiedenheit der Thier- und Pflanzenarten in einem frühern Vortrage auf zarteste und unsern Untersuchungsmitteln nur selten zugängliche Differenzen des Bildungsmateriales, so wie auf Differenzen der die Entwicklung desselben bedingenden „Erregung," sei es nun, daß dieselbe durch einen Befruchtungsact oder, wie bei niedern Pflanzen- und Thierformen, durch einen gewissen Grad der gesammten Entwicklung des mütterlichen Organismus herbeigeführt wird, zurückführten, also scheint auch die typische Verschiedenheit der einzelnen Zellen und Gewebe und die im gesunden Zustande analoge Fortentwicklung, d. i. das Wachsthum der einzelnen Zellencomplexe nur durch eine materielle Differenz des in den einzelnen Zellen enthaltenen und von dem Blute aus bezogenen Bildungsmateriales und nicht minder durch eine Differenz der an jeder einzelnen Zelle zur Geltung kommenden Kräfte aufrecht erhalten zu werden. Daß es sich dabei, abgesehen von den oben (S. 280) erwähnten physikalischen Verhältnissen der Zellenwände, des Blutdruckes u. s. w., vorzugsweise um electrische Kräfte handelt, scheint wahrscheinlich. Keineswegs darf man sich aber vorstellen, daß dieselben überall von einem besondern Apparate, und im höher entwickelten Thiere von einem Nervensystem ausgehen

*) Prof. H. Baumgärtner: Nähere Begründung von der Embryonalanlage durch Keimspaltungen und den Polarisationen der organischen Körper. Stuttgart 1854.

und gewissermaaßen in die Zellen hineingeleitet, auf sie übertragen werden. Eine jede Zelle hat vielmehr nach unserer Vorstellung von Anbeginn an ihr eigenes Leben, ihre besondere Combination von Stoffen und Kräften, und insonderheit, ähnlich den von du Bois Reymond supponirten Molekeln der Nervenfaser (s. S. 93), ihr besonderes electrisches Verhalten, und wie dieses für die pflanzlichen und niedern thierischen Organismen das vielbesprochene formbildende Princip möglicherweise sein kann und ist, so hat es vielleicht auch in den höher entwickelten thierischen Organismen die gleiche Bedeutung, nur mit dem Unterschiede, daß hier die einzelnen Zellencomplexe und „Lebenseinheiten," — um Virchow's treffenden Ausdruck zu gebrauchen —, durch ein besonderes System, und zwar das Nervensystem mit seinen electrischen Kräften, in Verbindung und gegenseitige Abhängigkeit gebracht, gewissermaaßen regulirt werden. Es ist, wenn wir unsere Vorstellung einmal festhalten und weiter verfolgen, kaum zweifelhaft, daß jenes electrische Verhalten, sei es nun, welches es wolle, zu einer Zeit der Entwicklung zum ersten Male hervorgerufen ist, und vielleicht nicht unpassend haben wir in einem frühern Vortrage *) den Moment der Lichtwerdung als in diese Zeit fallend und als das bedingende Moment jenes Verhaltens angesprochen. Von jenem Zeitpunkt an pflanzte sich dasselbe aber von Generation zu Generation, ja von Zelle zu Zelle wieder als dasjenige fort, was man bis dahin scheinbar in ungerechtfertigter Weise als besondere, specifische Lebenskraft bezeichnete, oder wurde in Folge eines Befruchtungsactes jedesmal in der zur Bildung eines neuen Organismus bestimmten Keimzelle in bestimmter zweckentsprechender Weise erregt. Die electrischen Kräfte des Nervensystems in den höher entwickelten thierischen Organismen dürfen demnach nicht überschätzt werden. Auch sie müssen zunächst als in den den Aufbau des Nervensystems bedingenden Zellen des Keimes schon gegeben betrachtet werden. Daß das Nervensystem dann aber, einmal vorhanden, einen regulatorischen Einfluß auf die Ernährungs- und Entwicklungsvorgänge der einzelnen, mit eigenen Kräften ausgestatteten Zellencomplexe aus-

*) Bd. 1. S. 175 und 183.

übt, dürfte nach unsern gesammten physiologischen und pathologischen Erfahrungen nicht zweifelhaft sein. *)

Zum Schluß endlich noch ein Wort über die bei der Zellenbildung der thierischen Organismen in Frage stehenden stofflichen Verhältnisse. Wir können in dieser Beziehung nur auf dasjenige verweisen, was wir in frühern Vorträgen über die materielle Zusammensetzung der einzelnen Organe des Thierkörpers, die uns in vielen Fällen freilich nur noch in sehr dürftiger Weise bekannt ist, beigebracht haben. Die dort bezeichneten chemischen Bestandtheile der verschiedenen Gewebe sind, je nachdem, in minimo für jede Zelle erforderlich, welche ein integrirender Formbestandtheil dieses oder jenes Gewebes zu werden bestimmt ist, und mit der oben angedeuteten gesetzlichen Nothwendigkeit treten jedesmal die betreffenden Bestandtheile aus dem Blute in die Gewebe über, um dort gleichsam fixirt, um theilweise metamorphosirt, und, falls sie in unvermeidlicher Gemeinschaft mit andern, nicht erforderlichen Bestandtheilen übertreten, von diesen geschieden zu werden, der Art, daß sie der Zelle verbleiben, die letztern aber in das Blut zurückkehren. Daß die Zellen in der That selbst eine metamorphosirende chemische Einwirkung auf das zur Neubildung bestimmte zugeführte Material ausüben, daß sie dasselbe nur zum Theil fertig gebildet vom Blute zugeführt erhalten, sei hier nochmals als äußerst wahrscheinlich hervorgehoben. Die Muskelzellen oder Muskelfasern werden demnach vorzugsweise die eiweißartigen Bestandtheile des Blutes und neben diesen eine gewisse Menge unorganischer Verbindungen, insonderheit phosphorsaures Kali und Wasser, fixiren. Wasser, phosphorsaures Kali und Syntonin, einen dem Eiweiß jedenfalls sehr nahe verwandten Stoff, haben wir früher (S. 170) als Hauptbestandtheile des Muskels bezeichnet. — Die Ner-

*) Die hier niedergelegten Ansichten stehen im Allgemeinen mit den von Virchow entwickelten, deren Kritik hier zu weit führen würde, im Einklang. Seine trefflichen Aufsätze: „Der Mensch," in dem 1sten Bande der „Gesammelten Abhandlungen;" „die Cellular-Pathologie" in dem Archiv für klinische Medicin von Virchow Bd. VIII. S. 1 u. a. enthalten die weitere Ausführung derselben. Für die tiefere Prüfung der Lebenserscheinungen der Organismen empfehlen wir diese Aufsätze zum sorgfältigen Studium. —

venfasern und Nervenzellen werden vorzugsweise neben dem Eiweiß des Blutes gewisse „Fette" und ebenfalls gewisse unorganische Bestandtheile, insonderheit wieder Wasser und Salze, fixiren, und aus der früher angegegebenen Zusammensetzung der Nervensubstanz (s. S. 87) wird erhellen, welches diese „Fette" und unorganischen Bestandtheile sind. Es wäre überaus interessant, wenn die Vermuthung Schloßberger's zur Gewißheit erhoben würde, daß die in der Zusammensetzung des Nervensystems eine so hervorragende Rolle spielenden sog. Fette (Cerebrinsäure, Cholestearin, Oleophosphorsäure u. s. w.) von der Leber aus, d. h. also in der Form von Gallenbestandtheilen zugeführt werden, *) und sollte es sich ferner bestätigen, daß die Galle ihr Hauptbildungsmaterial in den Blutkörperchen finde, so würden wir also in diesen die eigentliche Bildungsquelle der Nervensubstanz zu suchen haben. Der Erklärung der mannigfachen bekannten Beziehungen zwischen gestörter Blutkörperbildung, gestörter Leberfunction und gestörtem Nervenleben würde in dieser Weise ein bedeutungsvoller Anhalt geboten. Doch beschränken wir uns vorläufig auf diese Andeutung. — Die Knochen und Knochenzellen ferner fixiren neben eiweißartigen Verbindungen, aus denen die leimgebende Substanz hervorgeht, vorzugsweise den Kalkgehalt des Blutes, und nur zu nahe liegt der Schluß, daß wenn es diesem an phosphorsaurem Kalke fehlt, die Knochen sich eben nicht normal entwickeln können, schwere Krankheiten vielmehr in diesem Umstande ihr veranlassendes Moment finden müssen. — Und so verhält es sich mit allen Geweben des thierischen Organismus; verschieden ist überall die Eigenschaft der verschiedenen Zellen, diese oder jene Bestandtheile des Blutes zu fixiren, verschieden sind die Metamorphosen, welche die fixirten Stoffe in diesen und jenen Geweben, d. h. bereits vorhandenen Zellen erfahren. Aber, wie anfänglich in formeller Beziehung, so scheinen auch in materieller Beziehung in einer Hinsicht alle Zellen übereinzustimmen. Damit sich Zellenkerne und Zellenmembran bilden, scheinen überall drei Verbindungen: Eiweiß, Fett und phosphorsaurer Kalk, die unumgänglich erforderlichen Requisite zu sein. Fehlen sie, und wenn auch nur

---

*) Vgl. S. 87 Anmerkung.

zum Theil, so bildet sich überhaupt keine Zelle, und es ist damit dem Aufbau der Gewebe selbst sowohl, als weiterhin auch den für die Existenz des gesammten Organismus, wie für die Integrität der Blutmischung erforderlichen Wechselbeziehungen zwischen Blut und Geweben der härteste Schlag versetzt. Es würde in diesem Falle das Blut z. B. alle Materialien zur Fettbildung enthalten können und dennoch würde das Thier kein Fett anbilden, weil es eben an den Zellen, in welchen sich das Fett ablagert, fehlt; es würde in einem andern Beispiele das Blut alle sog. Nervenfette enthalten können, und dennoch würden sich keine Nervenzellen entwickeln, weil es an der Hülle fehlt, welche jene aufnehmen und beherbergen soll. Damit eben erlangen diese Bestandtheile der Nahrungsmittel eine so insonderheit hohe Bedeutung für den Ernährungsproceß, und es bedarf dieselbe in der That eine weit größere Berücksichtigung, als ihr bisher zu Theil geworden ist. Bereits in unserm fünften Vortrage wurde auf diese Verhältnisse hingewiesen; es wurde insonderheit darauf aufmerksam gemacht, welchen beträchtlichen Schwankungen und allmähligen Abnahmen der Gehalt der fruchttragenden Erdoberfläche an phosphorsaurem Kalk unterliegen könne und müsse, falls die Landwirthe nicht für eine richtige Düngung, einen genügenden Ersatz der in einer Erndte dem Boden entzogenen Bestandtheile sorgen. Jetzt erkennen wir die weittragende Bedeutung eines nach wissenschaftlichen Principien betriebenen Landbau's. Denn fehlt es dem Boden an phosphorsaurem Kalk, so fehlt es auch den Früchten desselben und also der Nahrung des Thieres daran, und leidet diese und weiterhin also das Blut des Thieres einen Mangel an Knochenerde, so bleiben nicht etwa nur die Knochen desselben in der Entwicklung zurück, es wird vielmehr auch die Zellen- oder Gewebsbildung im Allgemeinen beeinträchtigt, und was das Thier damit an Leistungsfähigkeit in weitester Bedeutung des Wortes einbüßen muß, ist nach unsern bisherigen Deductionen nur zu verständlich.

Damit haben wir denn den Bildungsstoff des thierischen Organismus auf seinen Wegen durch denselben bis so weit verfolgt, als es Aufgabe der vorliegenden Betrachtung sein sollte. Wie manche seiner vielfachen Schicksale unserer tiefern Einsicht und Deutung noch unzugänglich sind, haben wir genugsam hervorgehoben. Die räthselhaften

Beziehungen zwischen dem formlosen Bildungsmaterial und den verschiedenartigen Geweben, die die Bildungsvorgänge und Stoffmetamorphosen in den Organismen beherrschenden Kräfte vermögen wir bis dahin nur ahnend zu bezeichnen, und eine unüberschrittene Grenze ist hier zur Zeit noch den physiologischen Betrachtungen gezogen. Aber ein Blick auf die vielseitigen Fortschritte, welche auch auf diesem Gebiete der Forschung in neuester Zeit errungen sind, darf uns dennoch zur aufrichtigen Freude stimmen. Das Verständniß des verborgenen Getriebes des thierischen Organismus dringt weiter und weiter vor; es mehrt sich die Anzahl festbegründeter Thatsachen von Tage zu Tage; und wenn es uns schon lockte, die mannigfachen einzelnen Bruchstücke der thatsächlichen Erkenntniß zu einem Gesammtbilde zusammenzufügen, den Zusammenhang und die Gliederfolge der ganzen Kette von Erscheinungen zu bezeichnen, welche zwischen der Herstellung eines bildungsfähigen Nahrungssaftes im Darmcanal und der Bildung der organischen, elementaren Formbestandtheile, der Zellen und der aus ihnen hervorgehenden Gewebe liegt, so haben wir dabei nicht etwa die Lücken und das mannigfach Unsichere einer solchen Darstellung verkannt, wohl aber die Hoffnung gehegt, daß die Zeit nicht fern sei, in welcher diese Lücken ausgefüllt werden, ohne daß doch der gegebene Grundriß des Ganzen wieder verloren gehe. Es ist eine solche Darstellung um so schwieriger, als wir vergebens nach einem Ruhepunkte in dem weiten Gebiete der flüchtigen und variabeln Lebenserscheinungen suchen. Ursachen sind Wirkungen und Wirkungen werden zu Ursachen; das Blut unterhält die Lebenserscheinungen in Nerv und Muskel, und Nerv und Muskel bedingen die Lebenserscheinungen des Blutes. Doch was klar ist, muß sich auch klar darstellen lassen, und haben wir es möglichst gemieden, Lücken des Wissens mit Hypothesen auszufüllen, haben wir überall den etwaigen Mangel festbegründeter Thatsachen wenigstens angedeutet und wo es sich um Vermuthungen handelte, diese auch nur als solche bezeichnet, so ist auch die Hoffnung nicht unbegründet, daß die gegebene Skizze des so reichhaltigen Bezirkes der Lebenserscheinungen, welche in dem vorliegenden Vortrage in Frage kamen, klar verstanden ist, und die Gränze unseres heutigen Wissens richtig erkannt wurde. —

Vierzehnter Vortrag.

Der Bau und die Verrichtungen der Ausscheidungsapparate nebst allgemeinen Betrachtungen über den Zerfall der Gewebe und Säfte des Thierkörpers.

(Mehre der in diesem Bande enthaltenen Vorträge wurden, wie auch der nachstehende, abgekürzt oder auch in einzelne Abschnitte zerlegt, gehalten. Der 11 Vortrag ist neu hinzugefügt. Die Anordnung des Materiales hat mannigfache Abänderungen erfahren, die dem Verf. für die schriftliche Darstellung wünschenswerth erschienen.)

[illegible] gebotenen [illegible] fremden Bildungsmaterial und den ver-[illegible], wie die Bildungsvorgänge und Stoffumsetzungen [illegible] die Organismen beherrschenden Kräfte vermögen wir bis jetzt [illegible] zu bezeichnen, und eine unüberschrittene Grenze ist hier [illegible] den physiologischen Betrachtungen gezogen. Aber ein [illegible], welche auch auf diesem Gebiete [illegible] in neuester Zeit errungen sind, darf uns dennoch zur [illegible]. Das Verständniß des vielbewegten Getriebes [illegible] Organismus dringt weiter und weiter vor, es mehrt sich [illegible] Thatsachen von Tage zu Tage, und wenn [illegible] der Physiolo-[illegible] zu einem Gesammtbilde zusammenzufassen, den Zu-[illegible] der ganzen Reihe von Erscheinungen zu [illegible], welche zwischen der Herstellung eines bildungsfähigen [illegible] gelangen, [illegible], wohl aber die Hoffnung [illegible], daß die Zeit nicht fern sei, in welcher viele Lücken ausgefüllt werden, ohne daß doch der gegebene Grundriß des Ganzen wieder verloren gehe. Es ist eine solche Darstellung um so schwieriger, als wir [illegible] nach einem Mittelpunkte in dem weiten Gebiete der [illegible] die [illegible] in Nerv und Muskel, und Nerv und Muskel bedingen die Lebenserscheinungen des Blutes. Doch was klar ist, muß sich auch klar darstellen lassen, und haben wir es möglichst gemieden, Lücken des Wissens mit Hypothesen auszufüllen, haben wir überall den einstigen Mangel festbegründeter Thatsachen wenigstens angedeutet und wo es sich um Vermuthungen handelte, diese auch nur als solche bezeichnet, so ist auch die Hoffnung nicht unbegründet, daß die gegebene Skizze des so reichhaltigen Gebietes der Lebenserscheinungen, welches in dem vorliegenden Vortrage in Frage kamen, klar verstanden ist und die Grenze unseres heutigen Wissens richtig erkannt wurde. —

Wir gelangen zum dritten Abschnitte des Bildes, welches uns die vegetativen Lebensvorgänge des Thieres zeichnen soll. Die Darstellung des Zerfalls der aus den Nahrungsstoffen hervorgegangenen Säfte und Gewebe in gewisse einfache, chemische Verbindungen bildet neben dem Nachweis, wie diese Verbindungen aus dem Organismus entfernt werden, seine Aufgabe.

Es wurde oben vorangestellt, daß jeder thierische Organismus aus einem doppelten Grunde der Nahrungs**aufnahme** bedürfe: einmal, um seiner Aufgabe als Werkglied des uns umgebenden Naturganzen zu genügen, andrerseits, um dauernd zu seinen individuellen Leistungen befähigt zu bleiben. Nicht anders verhält es sich mit den Acten des physiologischen Geschehens, welche den Gegenstand der vorliegenden Betrachtung bilden sollen. Auch für den **Zerfall** der aufgenommenen Nahrungsstoffe sowohl, als für die Ausscheidung der Produkte dieses Zerfalls aus dem Thierkörper, liegt eine doppelte physiologische Nothwendigkeit vor. Nur erst mit der Zurückgabe der in einfachere Verbindungen zerlegten Nahrungsstoffe an die Außenwelt vollendet das Thier die ihm als Werkglied des Naturganzen zu Theil gewordene Aufgabe, und nur dadurch wird es leistungsfähig erhalten, daß die im Getriebe des Lebens abgenutzten und leistungsunfähig gewordenen Bestandtheile durch neue ersetzt, jene selbst aber fortgeschafft werden, um eben der Neubildung Platz zu machen. — Es führt uns die Kenntniß dieser Verhältnisse unmittelbar zu der Anschauung hin, daß ein jeder thierische Organismus, ein jedes Mitglied des weiten Naturstaates, sein

bestimmtes Budget, seine bestimmten Einnahmen und Ausgaben aufzuweisen haben muß. Und in der That ist dem so. Es zahlt die Natur jedem Organismus, als ihrem Diener, einen angemessenen Gehalt in der Form von Nahrungsstoffen. Seine Existenz und seine Leistungsfähigkeit sind damit sicher gestellt. Um dieselben aber ungestört zu erhalten, und ferner seine allgemeine Lebensaufgabe zu erfüllen, ist das Thier gleichzeitig zu ständigen Ausgaben genöthigt, und diese fließen auf den verschiedensten Wegen und in der Form verschiedener chemischer Verbindungen schließlich immer wieder in die große Schatzkammer zurück, um von dort aus zunächst wieder neu verwandt und sodann abermals in der Form von Nahrungsstoff ausgezahlt zu werden. Ein jeder vollständig entwickelte Organismus soll dabei aus der vollen und freigiebigen Hand der Natur ein seinen nur irgend möglichen allgemeinen sowohl, als speciellen Leistungen durchaus entsprechendes Quantum von Nahrungsstoffen, und zwar praenumerando, beziehen, nicht mehr und nicht weniger, immer aber genug, um die einmal gegebene Arbeitskraft vollauf zu beschäftigen und alle nothwendigen Ausgaben vollständig zu decken. Die Natur will keinem Organismus etwas schuldig bleiben, von keinem etwas geschenkt haben. Dafür aber verlangt sie auch, daß keiner mit ihren Gaben geizt, oder verschwenderisch umgeht, keiner mehr fordert oder weniger nimmt, als er bedarf, und stehen die Ausgaben mit den Einnahmen nicht vollständig in der Balance, so verräth sie ihren Unwillen nur zu deutlich anfangs durch leichtere, dann durch schwerere und endlich durch schwerste Strafen, als welche wir das Gefühl des Unbehagens, und, in steigender Progression, die Krankheit, die Leistungsunfähigkeit und endlich den Tod kennen.

Was sich nun der Organismus, Dank jenen seinen Einnahmen, schafft, wie sich die Gewebe aus den Nahrungsstoffen und dem aus ihnen bereiteten Nahrungssafte aufbauen und ständig regeneriren, haben wir in den vorstehenden Betrachtungen anzudeuten versucht. Fügen wir noch hinzu, daß keineswegs alle Nahrungsstoffe bei diesem Aufbau direct betheiligt sind, ein großer Theil derselben vielmehr nur eine gewisse Reihe von Metamorphosen im thierischen Organismus durchläuft, ohne jemals integrirender Bestandtheil der Gewebe zu werden. Es sollen, wie es scheint, diese Stoffe dem in den Athmungsorganen aufge-

nommenen und aller organischen Materie feindlichen Sauerstoff der Atmosphäre als erste Angriffsobjecte dargeboten werden, den Geweben des Organismus und ihren Leistungen damit einen gewissen und zeitweiligen Schutz gewähren, gleichzeitig aber auch in Folge ihrer Verbindung mit dem Sauerstoff, ihrer Oxydation, ihrer Verbrennung, eine Hauptquelle der thierischen Wärme bilden. Den Nahrungsstoffen im engern Sinne des Wortes, den sog. Gewebebildnern gegenüber wollen wir diese Stoffe mit Liebig als „Respirationsmittel“ bezeichnen. — Wir wenden uns jetzt der Betrachtung der Ausgaben zu, wollen untersuchen, wie und wo die Einnahmen zu Ausgaben werden, in welcher Form ferner und wo die letztern erlegt werden, denn einerlei, ob sich die Nahrungsstoffe an dem Aufbau der Gewebe betheiligen oder nicht, der Zerfall und die Ausscheidung aus dem Organismus steht ihnen allen bevor, und nur in andern Münzsorten zahlt der Organismus an die Schatzkammer zurück, was er, an Nennwerth nicht verschieden, aus ihr empfing. — Orientiren wir uns zu diesem Zwecke erst im Allgemeinen.

Athmungsorgane, Haut, Nieren und Darmcanal sind im höher entwickelten thierischen Organismus, — und diesen ziehen wir vorläufig wieder nur in Betracht —, diejenigen Organe, in welchen die zur Ausscheidung vorbereiteten und bestimmten Stoffe ihren Ausweg finden. Je nachdem die Nahrungsstoffe aber zur Gewebsbildung verwandt wurden, oder nicht, gelangen sie auf verschiedenen, dort längeren, hier kürzeren Wegen zu diesen Organen hin, und diese Wege sind folgende:

Die nicht zur Gewebsbildung bestimmten Stoffe werden vom Darmcanal aus größtentheils in das Blutgefäßsystem, und zwar zunächst in die Pfortader, *) aufgenommen, gehen mit dem Pfortaderblut durch die Leber, kehren in der Lebervene aus dieser zurück, treten mit dem Lebervenenblut in die untere Hohlvene ein, durchströmen das rechte Herz und dringen endlich in die Capillargefäße der Athmungsorgane vor, um möglicher Weise schon hier in der Form von Wasser und Kohlensäure ausgeschieden zu werden. Doch sie sind nach so kurzer Zeit

*) Vgl. in Betreff dieser Aufnahme und aufzunehmenden Stoffe S. 238.

ihres Verweilens im Organismus vielleicht noch nicht zur Ausscheidung vorbereitet, sind noch nicht in diejenigen Verbindungen zerlegt, welchen allein der Ausweg gestattet ist, und ist dem so, sie müssen im Blut noch verweilen, und weiter führt sie ihre Bahn. — Aus den Athmungsorganen kehren sie zum Herzen zurück, durchströmen das linke Herz und die Aorta, nehmen vielleicht noch einen Umweg durch Kopfarterien, obere Hohlvene, rechtes Herz und Athmungsorgane, wieder zum linken Herzen und zur Aorta zurück, — ein Umweg, von dem uns die Wirkung der Spirituosa nur zu leicht deutliche Kunde giebt —, gelangen dann aber zum Darmcanal und zu den Nieren, um vielleicht hier jetzt, zum Theil wenigstens, ihren Ausweg zu finden. Doch wieder ist die Frage: Sind sie schon vorbereitet genug zur Ausscheidung? Haben sie nach noch nicht einmaliger Vollendung der Kreisbahn schon ihre Functionen erfüllt? Es ist möglich; wo aber nicht, — sie gehen wieder weiter. — Sie kehren vom Darmcanal oder aus den Nieren, ja aus allen Körpertheilen, zu denen sie hingelangten, mit dem venösen Blute zum Herzen zurück, und haben sie bisher nirgends ihre Ausweisung erfahren, sie erfahren dieselbe vielleicht auf diesem Wege. Sie müssen die äußere Haut passiren, die Oberfläche des Körpers, und wie in Athmungsorganen, Nieren und Darmcanal, so ist ihnen auch hier möglicherweise ein Ausweg geboten. — So kreisen sie. Und sei es nun, daß sie den Umlauf zum ersten, zum zweiten, zum zehnten oder zum hundertsten Male zurücklegen, immer melden sie sich in den bezeichneten Organen, die wir nicht unpassend als Blutschleusen bezeichnen können, von Neuem. Sind sie zum Austritt aus dem Blute vorbereitet und ist der Andrang nicht zu massenhaft, so werden sie durchgelassen, wo nicht, so müssen sie die Bahn immer wieder von Neuem durchlaufen, bis endlich auch ihre Stunde schlägt, und die betreffenden Organe ihrem Verlangen nachgeben. — Anders mit dem Wege der gewebebildenden Stoffe. Wir haben dieselben bereits im vorstehenden Vortrage vom Darmcanal aus, durch Chylus, Milchbrustgang und Blut hindurch, bis in die Gewebe selbst hinein verfolgt. Hier wurden sie zur Gewebsbildung oder zur Restitution abgenutzter Bestandtheile derselben verwandt. Aber auch ihre Metamorphose, ihr Zerfall bleibt nicht aus, und, kaum zerlegt, treten sie wieder aus den Geweben in die Capillargefäße, und also

in das venöse Blut zurück, um dann mit den eben erwähnten Stoffen dieselben Bahnen zu laufen und ebenfalls in Lungen, Haut, Nieren oder Darmcanal den für sie bestimmten Ausweg zu fordern und zu finden. — Nach der gewonnenen Kenntniß vom Kreislauf des Blutes wird das Verständniß dieser Bahnen nicht schwierig sein. Es ist das Blut überall die den Stoffwechsel, die Neubildung und Rückbildung, die Aufnahme und Abscheidung der Nahrungsstoffe vermittelnde Flüssigkeit, und wie es zu den Geweben einmal im Verhältniß des dieselben ernährenden Saftes steht, so hat es andrerseits für die Gewebe die Bedeutung eines Abzugscanales für abgenutzte Bestandtheile, welcher, mit verschiedenen Auswegen versehen, aus jedem derselben, also aus Lungen, Haut, Darmcanal und Nieren, verschiedenen und bestimmten Stoffen den Austritt gestattet. *)

---

*) Wir dürfen es hier nicht unerwähnt lassen, daß es bei allen Wirbelthieren für den Rücktritt der die Gewebe durchtränkenden Flüssigkeiten in das Blut in eben der Weise noch einen zweiten Weg giebt, wie bei denselben zwei Wege für den Eintritt des Nahrungssaftes vom Darmcanal aus in das Blut hinein existiren (s. S. 235). Es bilden diesen Weg die bisher noch nicht erwähnten, den Organismus der Wirbelthiere durchziehenden Lymphgefäße, welche durchaus den Chylus- oder Lymphgefäßen des Gekröses, die wir oben (S. 243) kennen lernten, gleichen. Es beginnen dieselben in fast allen Organen des Thierkörpers als zarte, allmählig zu größeren Stämmen zusammentretende Canälchen, laufen gegen die Unterleibs- und Brusthöhle hin, und ergießen hier ihren Inhalt in die größeren Venenstämme, oder in die aus dem Gekröse hervortretenden Lymphgefäßstämme. Auch sie durchsetzen auf ihrem Wege, namentlich bei den Säugethieren, sog. Lymphdrüsen, welche überall in Körper zerstreut sind, sich vorzugsweise am Halse, in der Achsel, den Schenkelbugen u. s. w. befinden, und zu den Lymphgefäßen und deren Inhalt in ganz gleicher Beziehung stehen, wie die Lymphdrüsen des Gekröses zu den Lymphgefäßen dieses (vgl. S. 242). — Es leidet kaum einen Zweifel, daß diese Lymphgefäße insonderheit dazu bestimmt sind, die zum Aufbau der Gewebe nicht verwandten Bestandtheile der dieselben durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit, — ob unverändert oder bereits metamorphosirt, steht dahin —, aufzunehmen, und dieselben abermals in den Kreislauf des Blutes zurückzuführen. Auch scheint es gewiß, daß die in ihnen enthaltene sog. „Lymphe“ auf ihrem Wege bis zum Blute, gewisse Metamorphosen erleidet, daß namentlich in ihr ein Zellenbildungsproceß

Welches sind aber die auszuscheidenden Stoffe? In welchen Formen verlassen die hundertfach verschiedenen Nahrungsstoffe den thierischen Organismus? Wir haben dieselben in einem frühern Vortrage schon flüchtig kennen gelernt und dort erfahren, daß die Formverschiedenheit der auszuscheidenden Substanzen eben so gering ist, als die Mannigfaltigkeit der aufzunehmenden Nahrungsstoffe groß. Wasser und Kohlensäure, Harnstoff und Harnsäure, eine geringe Menge von Galle und eine Reihe von unorganischen Verbindungen sind die wesentlichen endlichen Produkte aller Metamorphosen der Nahrungsstoffe des höher entwickelten thierischen Organismus, und verlassen ihn Wasser und Kohlensäure durch Haut und Athmungsorgane, so werden Harnstoff, Harnsäure, gewisse unorganische Verbindungen und ebenfalls Wasser in den Nieren, und Galle, ebenfalls gewisse unorganische Verbindungen und die unverdaulichen Reste der Nahrungsstoffe nebst einigem Wasser durch den Darmcanal ausgeschieden. — Und wie und wodurch wird der Zerfall der Gewebsbestandtheile oder gewisser Blutbestandtheile herbeigeführt? Welches sind die Ursachen des ständigen Unterganges kaum geschaffener Formbestandtheile oder chemischer Verbindungen? Es muß Wunder nehmen zu erfahren, daß derselbe Stoff, der so wesentlich bei der Bildung der rothen Blutkörperchen und also bei der Herstellung der aus ihnen hervorgehenden, noch weiter im Organismus zu verwendenden Substanzen betheiligt ist, derselbe Stoff, der einen so wesentlichen Bestandtheil des nährenden, arteriellen Blutes bildet und ständig seinen belebenden Einfluß auf die Functionen des

---

in ähnlicher Weise erfolgt, wie in dem Inhalt der Lymphgefäße des Gekröses und daß für das Zustandekommen dieser Zellenbildung auch hier die Lymphdrüsen eine hohe Bedeutung besitzen. Die Bestandtheile der dem Chylus (S. 245) ähnlichen, faserstoffhaltigen Lymphe sind jedoch bis dahin eben so wenig mit vollkommner Bestimmtheit ermittelt, als die Bedingungen, welche den Eintritt derselben aus den Geweben in die Chylusgefäße zur Folge haben. Es gilt hier dasselbe, was S. 239 über den Eintritt der Nahrungsstoffe aus dem Darmcanal in die Darmzotten und deren Chylusgefäße, was ferner über den Eintritt gewisser Blutbestandtheile in die einzelnen Gewebe, und umgekehrt gewisser Bestandtheile der Gewebsflüssigkeiten in das Blutgefäßsystem gesagt wurde. —

Organismus ausübt, auch die wesentliche Ursache alles Zerfalls der organischen Materie ist, und doch wissen wir mit Bestimmtheit, daß die Mehrzahl der hier in Frage stehenden Vorgänge als Oxydationsvorgänge oder Verbrennungsprocesse zu bezeichnen sind. Wir wollen es freilich von vorn herein hervorheben, daß diese Wirkungen des Sauerstoffs nicht zu Stande kommen würden, falls ihnen nicht durch gleichzeitige und ständige Fermentationsvorgänge, durch Stoffzersetzungen durch electrische Kraft, — falls diese Annahme schon erlaubt ist —, und durch gewisse unorganische Verbindungen (s. u.) Vorschub geleistet würde. Aber dennoch, es spielt der Sauerstoff als bedingendes Moment des Zerfalls der Gewebe und Säfte des Thierkörpers eine so hervorragende Rolle, daß die für den gleichen Zerfall in Frage kommenden eben genannten Momente, einschließlich der etwaigen mechanischen Friction, fast in den Hintergrund zu treten scheinen. Aufgenommen in den Athmungsorganen und mit dem arteriellen Blute in alle Theile des Organismus hinein verbreitet, übt der Sauerstoff auch überall, im Blute sowohl, als außerhalb desselben sein Zerstörungswerk aus, und welche Produkte schließlich aus seiner Verbindung mit diesen und jenen Gewebs- und Blutbestandtheilen hervorgehen, wurde so eben schon angedeutet. So giebt denn der thierische Organismus der Luft und Erde das zurück, was die Pflanze bei ihnen sucht, fordert und stets auch findet, — denn Harnstoff und Harnsäure verwandeln sich rasch, nachdem sie den Organismus verlassen haben, zu Kohlensäure und Ammoniak —; die Pflanze liefert dafür aber der Luft den Sauerstoff zurück, und in ihren eignen Bildungsvorgängen schafft sie damit, wunderbar genug, das Mittel, welches ihr, zerstörend auf alle organische Materie wirkend, den eignen Nahrungsbedarf sichert. —

Diese allgemeine Skizze wollen wir nun im Folgenden, so weit es hier zulässig, auszuführen versuchen, und, getreu unserm Vorsatz, den Nahrungsstoffen auf ihren Wegen durch den thierischen Organismus zu folgen, knüpfen wir da wieder an, wo wir sie im vorstehenden Vortrage verließen. Wir sahen sie dort auf dem Punkte angelangt, wo sie zu Drüsensäften umgestaltet wurden, wo sich die Formbestandtheile des Organismus aus ihnen hervorgebildet hatten oder sie die bereits vorhandenen Gewebe als Ernährungsflüssigkeit tränkten, wo sie endlich

als „Respirationsmittel" noch im Blute kreisten. — Was wird also zunächst aus Drüsensäften, Geweben und Gewebsflüssigkeiten, und jenen zum Aufbau der Körpersubstanz nicht verwandten Blutbestandtheilen?

Es gehören diese Fragen noch immer jenem Gebiete der Lebenserscheinungen an, welches wir oben als eins der unaufgeklärtesten bezeichneten. Es handelt sich mit ihnen noch immer um die Mittelglieder jener langen Reihe von Metamorphosen, welche ein jeder Stoff auf seinem Wege durch den thierischen Organismus durchläuft, und eben in der Kenntniß dieser mittleren Glieder sind, wie erwähnt, auch noch immer die fühlbarsten Lücken vorhanden, Lücken, welche um so schwieriger auszufüllen sind, als die immer nur momentane Existenz der fraglichen Stoffe oder Verbindungeu der Untersuchung in hohem Grade hindernd entgegentritt. Nicht mehr als Andeutungen vermögen wir deshalb auch zur Zeit in Betreff derselben zu geben. Versuchen wir es aber dennoch, uns eine allgemeine Vorstellung von dem Zusammenhange des Geschehens zu bilden, und sehen wir, wie weit dieselbe bereits durch Thatsachen gestützt wird. —

Was zunächst die Drüsensäfte anbetrifft, so wissen wir kaum mehr von ihnen, als daß ihr Wassergehalt und ihre unorganischen Bestandtheile, sobald sie ihre Functionen in dem Verdauungsacte erfüllt haben, mit den Nahrungsstoffen selbst in das Blut zurückkehren. So mit dem Speichel, so mit dem Magensaft, dem Bauchspeichel, der Galle, dem Darmsaft. Wir nannten diese Säfte früher „hohe Zölle," welche das Blut an verschiedenen Stationen zu entrichten hat, und machten zugleich darauf aufmerksam, daß dieselben allemal alsbald in die Generalkasse, das Blut, zurückfließen. Nach der früheren Schilderung der Verdauungsacte, des Aufsaugungsactes im Darmcanal u. s. w. wird dieser Ausspruch jetzt leicht verständlich sein. Auch darüber kann kaum ein Zweifel obwalten, daß das Wasser und die unorganischen Bestandtheile der Drüsensäfte nach ihrer Rückkehr ins Blut entweder sofort durch die Ausscheidungsorgane aus dem Organismus entfernt werden, oder sich zuvor noch an dem Aufbau der Gewebe, vielleicht auch nochmals an der Drüsensaftbereitung betheiligen, so daß sie erst nach mehrmaligen Umläufen den Organismus verlassen. Und daß sich endlich

das in Frage stehende Wasser, ausgeschieden, in Lungen- und Haut-Ausdünstung oder im Harn, die fraglichen unorganischen Bestandtheile dagegen, wie das Kochsalz, das phosphorsaure Natron, das Chlorkalium u. s. w. im Harn, zum Theil aber auch in den Darmauswürfen wiederfinden, steht ebenfalls außer Frage. — Was aber wird aus den Fermentsubstanzen des Speichels, des Magensaftes, des Bauchspeichels und des Darmsaftes? Was aus der beträchtlichen Menge organischer Gallenbestandtheile, welche nicht durch den Darmcanal entleert wird, sondern zweifellos in das Blutgefäßsystem zurückkehrt? *) Wir haben von den endlichen Schicksalen dieser Fermentsubstanzen noch keine Ahnung; wir wissen nicht, was aus den Hüllen der Labzellen des Magen- und Darmsaftes wird. Und was die Galle anbetrifft, so wissen wir ebenfalls nicht, welchen Metamorphosen sie nach ihrem Eintritt in's Blut, und zwar sofort, unterliegt. Wir finden sie noch innerhalb des Darmcanals, dessen Wände benetzend, aber einen Schritt weiter, und vergebens suchen wir im Blute, außer vielleicht nach dem Cholestearin, nach ihren früher genannten Bestandtheilen. Selbst die *endlichen* Produkte ihrer Metamorphosen, die als solche vom Organismus ausgeschieden werden, kennen wir noch nicht, wenn es auch festgestellt ist, daß die Kohlensäure unter denselben einen hervorragenden Platz einnimmt. Ob es sich aber bestätigen wird, daß die Gallenbestandtheile auf dieser ihrer Bahn durch das Blut zum Theil zu integrirenden Bestandtheilen der Nervensubstanz, insonderheit zu Cerebrinsäure, metamorphosirt werden?? **) —

Es handelt sich zu zweit um die Schicksale der *Gewebe* und *einzelnen Gewebsbestandtheile*, und daß Muskel und Nerv unter ihnen dem lebhaftesten Stoffwechsel, ständigen Metamorphosen ihrer materiellen Zusammensetzung unterliegen, steht außer Zweifel. Aber auch hier wieder ist es fraglich, was zunächst aus dem Syntonin des Muskels, was aus der eiweißhaltigen, den Muskel tränkenden Ernährungsflüssigkeit, was aus dem Eiweißgehalt der Nervensubstanz, was aus den sog. „Fetten" derselben, was endlich aus den unorganischen

*) Vgl. S. 227.

**) Desgl. S. 292.

Bestandtheilen beider wird. Ja auch hier wieder ist es noch unentschieden —, und dieselbe Frage ließen wir oben in Betreff der Drüsenzellen offen —, ob in dem Getriebe des Lebens die einmal vorhandenen Formbestandtheile, die Zellen und deren Abkömmlinge, ständig dieselben bleiben, so daß die Metamorphosen nur ihren Inhalt treffen, oder ob auch sie selbst oftmals untergehen und neu erstehen. Zwar darf man die hie und da gehegte Ansicht zurückweisen, daß sich Muskeln und Nerven, ja der ganze Organismus in dem Verlaufe von so und so viel Jahren oder Monaten von Neuem bilden, während in derselben Zeit die vorhandene Organenmasse untergehe. Es scheint vielmehr, daß das einmal vorhandene Gerüst mancher Gewebe, wie der Muskeln und Nerven, und namentlich der Knochen, längere Zeit hindurch fortbesteht und nur der Inhalt der Zellen ständigen Metamorphosen unterliegt, obschon es andrerseits auch von der äußern Haut ebensowohl, als von den Schleimhäuten der innern Organe erwiesen ist, daß ihre obersten Zellenlagen (Epidermis und Epithelien) ständig abgestoßen und durch neue ersetzt werden. Was dagegen von den Metamorphosen des Zelleninhalts, so wie des Inhaltes der aus den Zellen hervorgehenden Fasern, Röhren u. s. w. thatsächlich festgestellt ist, beschränkt sich auf sehr Weniges. Selbst die trefflichen Untersuchungen Liebig's „Ueber die Flüssigkeiten des Fleisches" *) geben uns in dieser Beziehung keinen bestimmten Aufschluß, da es, wie schon früher erwähnt, **) fraglich ist, welche von den von Liebig im Fleische entdeckten chemischen Verbindungen aus einer Metamorphose der Muskelfaser und deren Inhalt selbst, welche andrerseits aus der Metamorphose der den Muskel tränkenden Ernährungsflüssigkeit hervorgehen. Immerhin geben jedoch diese unübertroffenen Arbeiten unserer Vorstellung von der rückschreitenden Metamorphose der Gewebe einen ersten Anhalt, und um so mehr nur, als sich ihnen die Untersuchungen des jüngern von Liebig, so wie von Helmholtz schon vervollständigend anreihen, um so mehr, als uns in Betreff des Zerfalls andrer Gewebe so äußerst wenig Thatsachen zu Gebote stehen, wollen wir etwas ausführlicher auf die Resultate derselben eingehen.

---

*) Liebig u. Wöhler's Annalen d. Chem. u. Pharm. Bd. 62. Hft. 3.
**) Vgl. S. 171.

Die chemische Zusammensetzung des Muskels wurde oben (S. 170) bereits angedeutet. Er besteht im Wesentlichen aus Wasser, einer eiweißartigen Substanz, dem sog. Syntonin, etwas Fett und einigen unorganischen Bestandtheilen. Diese Substanzen haben ihre Quelle in dem Wasser, dem Eiweißgehalte, dem Fett und den unorganischen Bestandtheilen des Blutes, und wir müssen uns denken, daß die letztern, aus dem Blutgefäßsystem herausgetreten, zunächst das Muskelgewebe als Ernährungsflüssigkeit durchtränken, gewisse Metamorphosen erleiden, und sich dann an seinem Aufbau betheiligen oder zu seiner Restitution beitragen. Preßt man nun aber den ausgeschnittenen Muskel des Thieres aus, so erhält man einen Saft, in dem sich verschiedene stickstoffhaltige und stickstofffreie Verbindungen nachweisen lassen, welche in der aus dem Blute stammenden Ernährungsflüssigkeit nicht vorhanden sind, und wir können nicht anders, als schließen, daß sich diese Verbindungen eben im Muskel selbst aus den chemischen Bestandtheilen desselben hervorgebildet haben. Es finden sich in diesem ausgepreßten Safte Eiweiß und Faserstoff, die wir, und insonderheit das erstere, als der von dem Blute gelieferten Ernährungsflüssigkeit angehörig betrachten können. Neben ihnen aber enthält derselbe stickstoffhaltige Verbindungen, welche mit dem Namen Kreatin, Kreatinin und Inosinsäure belegt sind, und eine stickstofffreie Verbindung, die Milchsäure, und diese Stoffe eben sind es, welche aus den Bestandtheilen des Muskelgewebes, resp. der Ernährungsflüssigkeit, in Folge einer Metamorphose derselben hervorgegangen sein müssen. Es unterliegt dies um so weniger einem Zweifel, als in dem angestrengt thätig gewesenen Muskel eine größere Menge von Kreatin und Kreatinin, so wie namentlich von Milchsäure gefunden wird, als in dem unthätigen; ein Beweis zugleich, daß die Thätigkeit des Muskels den Umsatz seiner chemischen Bestandtheile steigert. — Aber es finden sich in der Fleischflüssigkeit auch zwei Gase aufgelöst: Sauerstoff und Kohlensäure. Ohne Frage gelangt der erstere von dem Blute aus in das Muskelgewebe hinein. In Betreff der zweiten sind wir aber wieder nur um so mehr zu dem Schluß berechtigt, daß sie aus der Verbindung jenes Sauerstoffs mit einem Theile des Kohlenstoffgehaltes des Muskels hervorging, und also im Muskel selbst entstand, als der jüngere von Liebig den Nachweis

lieferte, daß sich ihre Menge, gleich der des Kreatins, Kreatinins und der Milchsäure, in dem angestrengt thätigen Muskel vermehrt; und wenn Helmholtz fand, daß die Temperatur des Muskels durch seine Thätigkeit gesteigert wird, so steht auch eben diese Temperaturzunahme mit dem die Kohlensäure producirenden, und im letztern Falle gesteigerten Verbrennungs- oder Oxydationsproceß im schönsten Einklang. — Endlich enthält der ausgepreßte Fleischsaft auch gewisse unorganische Bestandtheile. Es sind in ihm 82 Proc. der gesammten unorganischen Bestandtheile des Muskels enthalten, und also nur 18 Proc. verbleiben dem ausgepreßten Gewebe selbst. Es bestehen aber jene Bestandtheile der Fleischflüssigkeit vorzugsweise aus Phosphorsäure und Kali, während die phosphorsauren Erden (Kalk und Magnesia) und namentlich die Chlorverbindungen in nur geringer Menge darin vorhanden sind, das Chlornatrium (Kochsalz) sogar mitunter ganz fehlt. Es tritt in diesen Verhältnissen eine eben so auffallende Verschiedenheit in der Vertheilung der unorganischen Bestandtheile zwischen Fleischsaft und Blutflüssigkeit hervor, als zwischen Blutflüssigkeit und Blutkörperchen (s. o. S. 263), und wie wichtig dieselbe für die Diffusionsvorgänge zwischen Blut und Muskelgewebe sein muß, bedarf kaum der Andeutung.

So finden sich also im Muskel oder in dem Fleisch, wie wir es vom Thiere zu diätetischen Zwecken gewinnen, chemische Verbindungen, die zur Restitution des durch seine Thätigkeit abgenutzten Muskelgewebes beitragen sollen (die Bestandtheile der eigentlichen Ernährungsflüssigkeit des Muskels); Verbindungen ferner, welche die Muskelfasern selbst constituiren (Syntonin u. s. w.), und Verbindungen endlich, welche aus dem Zerfall der Muskelfasern in Folge ihrer Thätigkeit oder auch direct aus Metamorphosen der erstgenannten Verbindungen hervorgehen. Kreatin, Kreatinin, Inosinsäure, Milchsäure, Kohlensäure und einige unorganische Verbindungen sind insonderheit als den letztern zugehörig zu bezeichnen. — Was nun aber wird aus diesen auslösbaren Bestandtheilen des Fleischsaftes? Wohin gelangen sie, vom Muskel aus, in dem sie enthalten sind? Wir dürfen es als zweifellos betrachten, daß sie größtentheils in das Blut zurücktreten und zur Umwandlung des arteriellen Blutes in venöses Blut beitragen. Welche

weiteren Metamorphosen sie dann aber zunächst im Blute selbst erleiden, ahnen wir kaum. — Die im Muskel gebildete Kohlensäure findet, in das Blut aufgenommen, ohne Frage durch Haut oder Lunge ihren Ausweg. Der Nachweis von Scharling, daß sich die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure nach Muskelanstrengungen vermehrt, liefert den Beweis dafür, und es giebt keinen andern Ausweg für die Kohlensäure als eben Haut oder Lunge. Kreatin und Kreatinin können als solche in den Nieren ausgeschieden werden. Man findet sie beide im Harn wieder. Ob jedoch nicht ein Theil des Kreatins auch zur Gallenbildung verwandt wird, muß um so mehr fraglich bleiben, als das wasserhaltige Kreatin ($C_8\ H_{11}\ N_3\ O_6$), als aus Glycocoll ($C_8\ H_8\ N_2\ O_6$) und Ammoniak ($H_3\ N$) zusammengesetzt gedacht werden kann, und das Glycocoll bekanntlich mit der Cholsäure die Glycocholsäure der Galle (s. S. 225) bildet. Was aus der Inosinsäure wird, ist noch sehr fraglich. Sei es jedoch bemerkt, daß Liebig nachwies, daß sie (wasserhaltig gedacht) geradeauf die Elemente der wasserfreien Essigsäure, der Oxalsäure und des Harnstoffs enthält:

$$\begin{array}{rcl} \text{Essigsäure} & = & C_4\ H_3\ O_3 \\ \text{Oxalsäure} & = & C_4\ O_6 \\ \text{Harnstoff} & = & C_2\ N_2\ H_4\ O_2 \\ \hline \text{wasserhalt. Inosinsäure} & = & C_{10}\ N_2\ H_7\ O_{11}; \end{array}$$

und sollte sie in der That in diese Verbindungen zerfallen, so würden Essigsäure und Oxalsäure durch Aufnahme von Sauerstoff im Blute beide weiterhin zu Kohlensäure und Wasser verwandelt werden, und so durch Haut oder Lungen ihren Ausweg finden, *) während der Harnstoff durch die Nieren ausgeschieden würde, um Bestandtheil des Harns zu werden. Endlich die stickstofffreie Milchsäure ($C_6\ H_5\ O_5 + HO$) kehrt ebenfalls in das Blut zurück. Welche Umwandlungen sie hier aber zunächst erleidet, ist gleichfalls noch nicht mit Bestimmtheit ermit-

*) Die Essigsäure = $C_4\ H_3\ O_3$ kann möglicherweise durch Aufnahme von 6 At. Sauerstoff in $C_4\ O_6$ und $H_3\ O_3$ d. h. in Oxalsäure und Wasser zerfallen, die Oxalsäure wieder wird durch Aufnahme von 2 At. Sauerstoff zu Kohlensäure = $C_4\ O_8$ verwandelt.

telt, wenn man auch nicht zweifeln kann, daß ihre endlichen Produkte wieder Kohlensäure und Wasser sind, und diese also wieder durch Haut oder Lunge den Organismus verlassen. Und was wird gleichzeitig aus den unorganischen Bestandtheilen des Fleischsaftes? Sie kehren mit den organischen zum Theil sicher in das Blut zurück. Kommen sie dann aber nicht anderweitig im Organismus zur Verwendung, so werden sie mit einem Theile des Wassers in den Nieren ausgeschieden. Als Phosphorsäure, Kali, Kalk und Magnesia finden wir sie im Harn wieder. —

Dies allgemeine Bild von dem Untergange eines Gewebes, und zwar des Muskelgewebes, mag hier genügen, um einen Begriff zu schaffen von den Vorgängen des Zerfalls der Gewebe und Gewebsflüssigkeiten des thierischen Körpers überhaupt. Es wird hinreichen, um dem Leser eine Vorstellung von einer langen Reihe von Metamorphosen zu geben, die die Nahrungsstoffe auf ihrem Wege durch den Organismus durchlaufen, und wollen wir jetzt versuchsweise einen einzelnen Bestandtheil der Nahrungsstoffe des Säugethiers, z. B. das Pflanzeneiweiß, von Anfang an, durch Darmcanal, Chylus und Blut, durch Muskel und wieder Blut hindurch, bis zu den Ausscheidungsorganen hin, von Stufe zu Stufe verfolgen, so würden wir etwa folgendes Schema, so lückenhaft und fraglich dasselbe auch in einigen Punkten noch sein mag, vor uns haben:

Das Pflanzeneiweiß erfährt:

in der Mundhöhle	— Einweichung, Auflockerung;
im Magen	— Auflösung und Metamorphose zu nicht gerinnbarem Eiweiß;
im Darmcanal	— desgleichen und Aufsaugung durch die Chylusgefäße;
in den Chylusgefäßen	— theils Metamorphose zu gerinnbarem Eiweiß, theils Verwendung zur Zellenbildung;

erscheint dann:

im Blute	— als Bluteiweiß und (in metamorphosirter Form) als Bestandtheil der Blutkörperchen und als Faserstoff;

im Muskelgewebe	—	als Bestandtheil der Muskelsubstanz selbst (in der Form von Syntonin u. s. w.), und als Bestandtheil der Ernährungsflüssigkeit (in der Form von Eiweiß und Faserstoff);

wird unter Aufnahme von Sauerstoff metamorphosirt:

im Muskelgewebe selbst	—	zu Kreatin, Kreatinin, Inosinsäure, Milchsäure und Kohlensäure;

erscheint wieder:

im Blute	—	als Kreatin, Kreatinin, Inosinsäure, Milchsäure und Kohlensäure;

erleidet dort neue Metamorphosen und erscheint endlich:

im Harn	—	als Kreatin, Kreatinin und Harnstoff;
in der Galle	—	als Glycocoll (Bestandtheil der Glycocholsäure);
und in der von den Lungen oder der Haut ausgeathmeten Luft	—	als Kohlensäure und Wasser.

Wird es uns erst möglich sein, einen jeden Bestandtheil der Nahrungsstoffe auf seinem Wege durch den Organismus in dieser Weise zu verfolgen, und sind die einzelnen Stufen, die derselbe durchläuft, thatsächlich und zweifellos festgestellt, so wird die Lehre vom Stoffwechsel in einer Beziehung ihr Ziel erreicht haben. Doch wie weit sind wir heutigen Tages noch von demselben entfernt! Eben so wenig wie wir in der Pflanze die aufsteigende Stufenleiter der einzelnen in ihr gebildeten Stoffe, von den unorganischen Bestandtheilen der Luft und des Erdbodens an bis zu den Stoffen hin, die uns in Frucht und Blatt und Stamm fertig gebildet geliefert werden, zu übersehen vermochten, ist es uns hier möglich, die absteigende Leiter von Stufe zu Stufe zu verfolgen, und wiederholt nur sei darauf aufmerksam gemacht, daß das eben gegebene Schema für einen einzelnen Stoff nur eine allgemeine

Anschauung von der Art und Weise des Zerfalls der Nahrungsstoffe und der aus ihnen hervorgegangenen Gewebe geben soll, nicht aber etwa schon der Ausdruck über jeden Zweifel erhabener Thatsachen ist. Auch wollen wir es nicht unerwähnt lassen, daß das Schema bei weiterem Verfolge noch weit complicirter hätte ausfallen müssen. Die Blutkörperchen z. B. bilden sich ohne Frage nur mit Hülfe des Eiweißgehaltes der Nahrungsstoffe. Der von ihnen in Anspruch genommene Antheil dieses Eiweißgehaltes durchläuft nun aber ganz andere Metamorphosen, als der in der Blutflüssigkeit gelöst bleibende Theil, und wären unsre frühern Vermuthungen richtig, so würde eben jener Antheil, jene eiweißartigen Bestandtheile der Blutkörperchen, zunächst zu Gallenbestandtheilen und vielleicht zu Harnstoff metamorphosirt werden, der Harnstoff sodann in den Nieren ausgeschieden, die Gallenbestandtheile aber ins Blut zurückgekehrt, noch weiter, vielleicht zur Bildung der Nervensubstanz, verwandt, um schließlich wieder in der Form von Kohlensäure, Wasser und vielleicht auch Harnstoff oder Harnsäure den Organismus zu verlassen.

Doch wir dürfen und wollen uns hier nicht bei Möglichkeiten aufhalten. Ein Bild des Geschehens, ein Bild von dem Aufbau und Zerfall der Gewebe wird mit den obigen Andeutungen in Betreff des Muskelgewebes gegeben sein, und damit ist unser gegenwärtiger Zweck erreicht. — Aus Mangel an zuverlässigen Thatsachen stehen wir hier auch davon ab, den Zerfall anderer Gewebe und Gewebsflüssigkeiten, wie des Nervengewebes, der Knochen u. s. w. zu verfolgen. — Das eben gegebene Bild führt uns dagegen sofort zur Erwägung eines weiteren und allgemeinern Verhältnisses, zur Erwägung der **Metamorphosen, welche das Blut selbst innerhalb eines jeden Gewebes in Folge der Abgabe und Aufnahme verschiedener Stoffe erfahren muß**; und wenn es unmöglich ist, ohne die richtige Auffassung eben dieser Metamorphosen eine klare Vorstellung von den stets wechselnden Zuständen des Blutes und seinen Beziehungen zu den Geweben zu gewinnen, so erfordert ihre Darstellung eine nur um so gespanntere Aufmerksamkeit.

Wir wissen bereits, daß das Blut in größeren Gefäßstämmen auf der einen Seite in die Organe des Thierkörpers ein-, auf der andern

aus ihnen heraustritt, daß es sich ferner innerhalb derselben in feinsten Capillargefäßen vertheilt, an den Muskel- oder Nervenfasern, an den Drüsenzellen u. s. w. verzweigt, und diesen dann einmal das Material zur Ernährung oder zur Drüsensaftbereitung liefert, gleichzeitig aber auch von ihnen zurückerhält, was zur Bildung des Gewebes oder der Drüsensäfte nicht verwandt wurde, was ferner als abgenutzter Gewebsbestandtheil aus dem organischen Nexus entfernt werden soll. Das oben (S. 242) gegebene schematische Bild von der Verzweigung der Pfortader in der Leber u. s. w. mag der Vorstellung hier zum Stützpunkt dienen. — Es ist nun ohne Weiteres klar, daß, wenn das Blut innerhalb der Gewebe, sei es Muskel, Nerv, Drüse oder Knochen, gewisse Bestandtheile abscheidet und andre Bestandtheile wieder aufnimmt, es bei seinem Eintritt in das Gewebe anders beschaffen sein muß, als bei seinem Austritt aus demselben. Es ist ferner klar, daß wenn das Blut in jedem Gewebe verschiedene Stoffe abgiebt, aber auch verschiedene Stoffe zurückempfängt, das aus den Geweben abfließende Blut je nach den Geweben selbst eine verschiedenartige Zusammensetzung haben muß, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß eine genaue Kenntniß dieser Verhältnisse eine nothwendige Bedingung ist für die Lehre vom Stoffwechsel innerhalb der Gewebe überhaupt. Die Richtigkeit dieser Sätze leuchtet von selbst ein. Ist sie aber auch bereits durch Thatsachen gestützt? — Das eine und allbekannte Verhältniß, daß das in alle Organe des Thierkörpers eindringende hellrothe (arterielle) Blut als dunkler gefärbtes (venöses) wieder aus ihnen heraustritt, in den Athmungsorganen aber ein umgekehrtes Verhältniß Statt hat, d. h. venöses Blut in dieselben ein-, und arterielles Blut aus ihnen hervortritt, ist schon ein genügender Beweis für dieselbe. Es ist diese Farbenveränderung, — um es sogleich zu erwähnen —, davon abhängig, daß das arterielle Blut in den verschiedenen Organen Sauerstoff abgiebt und Kohlensäure zurückempfängt (s. S. 307), das venöse Blut dagegen in den Athmungsorganen Kohlensäure ausscheidet und Sauerstoff aus der Atmosphäre aufnimmt; und wenn wir durch Henle's klare Versuche erfahren haben, daß Kohlensäure die Blutkörperchen aufbläht, Sauerstoff dagegen zusammenziehend auf sie einwirkt, das aufgeblähte Blutkörperchen aber ein andres Licht-

brechungsvermögen besitzen muß, als das contrahirte, so ist damit die fragliche Erscheinung auch bereits in ihrem letzten Grunde erklärt. — Doch unsere Kenntniß von den Differenzen des in die verschiedenen Organe ein- und aus ihnen heraustretenden Blutes sind in neuerer Zeit noch um ein Bedeutendes über diese eine und allgemeine Thatsache hinausgerückt, und zwar sind es Lehmann's seit einer längern Reihe von Jahren fortgeführte Untersuchungen, denen wir diesen Fortschritt danken. Es sind diese Arbeiten so trefflich, daß sie unsere obigen Prämissen nicht nur vollkommen rechtfertigen, sondern auch schon eine Reihe von Thatsachen aufgedeckt haben, welche die verschiedenartigen Metamorphosen des Blutes in verschiedenen Geweben in's klarste Licht stellen. Freilich ist in Betreff mancher derselben kaum ein Anfang gemacht, und wir können uns hier auf die Reihe von Untersuchungen, welche Lehmann in den „Berichten der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1855" niedergelegt hat, um so weniger einlassen, als die einzelnen Resultate derselben noch weiterer Prüfung und Ausdehnung bedürfen. Nur im Vorbeigehen sei es erwähnt, daß sich in den kleinern, aus den Muskeln zurückkehrenden Venen constant mehr Faserstoff findet, als in den in dieselben eintretenden Arterien, daß das Blut ferner in den Lungen gegen 2 Proc. Eiweiß, welches hier wahrscheinlich zu Faserstoff umgewandelt wird, verliert, daß ferner die kleineren Muskelvenen constant mehr Wasser, aber weniger Blutkörperchen enthalten, als die Arterien. In Betreff einiger drüsiger Organe, und namentlich der Leber, sind uns durch die Untersuchungen aber bereits die werthvollsten Aufschlüsse zu Theil geworden, und einmal um ein Beispiel für die in Frage stehenden Verhältnisse zu geben, sodann aber auch, weil sich die Resultate dieser Untersuchungen erläuternd an manche unserer frühern Bemerkungen anschließen, sei hier der frappanten Blutmetamorphose in der Leber etwas ausführlicher gedacht.

Das Pfortaderblut ist bekanntlich (neben dem Blute der Leberarterie) das der Leber zufließende, das Lebervenenblut das aus ihr zurückkehrende; die Galle stellt den in der Leber gebildeten Absonderungssaft dar. Während nun aber das Pfortaderblut, und namentlich während der Verdauungszeit, reich ist an Wasser, ist das Lebervenenblut unter allen Umständen ärmer daran, und die Differenz dieses Wasser-

gehaltes kann sich nach vollendeter Verdauung so hoch belaufen, daß in jenem Blut mehr als doppelt so viel Wasser enthalten ist, als in diesem. Umgekehrt dagegen mit den Blutkörperchen. An ihnen, und zwar den gefärbten sowohl, als farblosen, ist immer das Lebervenenblut reicher als das Pfortaderblut, und diese Differenz ist wieder so bedeutend, daß wenn im Pfortaderblute auf 100 Th. Blutserum 141 Th. feuchte Blutzellen kommen, auf 100 Th. Blutserum der Lebervene 317 Th. Blutzellen fallen. Die Blutzellen des letzteren Blutes sind dabei aber ärmer an Fett und Salzen und besonders ärmer an dem eisenhaltigen rothen Farbstoff (Hämatin), als die des Pfortaderblutes. Das Pfortaderblut ist ferner immer faserstoffhaltig; dem Lebervenenblut hingegen fehlt der Faserstoff entweder ganz oder er ist in nur sehr geringer Menge in ihm enthalten. Ebenfalls sind Eiweiß, Fett und Salze im Lebervenenblute in geringerer Menge enthalten, als im Pfortaderblut. Dagegen ist wieder der Gehalt an Extractivstoffen und namentlich der Gehalt an Zucker in jenem immer größer, als in diesem. — Die Metamorphosen, welche mit dem Pfortaderblut in der Leber vor sich gehen, sind darnach von selbst klar. Es verliert Wasser, Faserstoff, Eiweiß, Fett, gewisse Salze und eisenhaltiges Hämatin, wird dagegen reicher an Blutkörperchen, an Extractivstoffen und insonderheit an Zucker. Ueber das Wie? dieser Metamorphosen dürfen wir noch nicht entscheiden. Nur als wahrscheinlich läßt es sich bezeichnen, daß das zum Theil aus dem Pfortaderblut verschwindende Eiweiß zur Bildung von Blutkörperchen, das zum Theil verschwindende eisenhaltige Hämatin zur Bildung des Gallenfarbstoffs verwandt wird, daß sich ferner die verschwindenden Mengen von Wasser, Fett und unorganischen Bestandtheilen ebenfalls an der Bildung der Galle betheiligen, der verschwindende Faserstoff aber derartige Metamorphosen in der Leber erfährt, daß einmal gewisse Gallenbestandtheile, andrerseits der Zucker, welcher sich in der Lebervene findet, aus ihm hervorgehen. Dennoch aber reichen die Thatsachen hin, um uns von den bedeutenden Differenzen des in ein Organ ein- und des aus ihm heraustretenden Blutes eine allgemeine, klare Vorstellung zu verschaffen, und wir sind auf ihren Grund vollkommen zu dem Schluß berechtigt, daß es sich ähnlich in allen Organen und Geweben des Thierkörpers verhält, sei es nun, daß

sie der Bereitung und Absonderung bestimmter Säfte dienen, oder daß sie andere Functionen zu erfüllen haben. Ueberall im Organismus hat das Blut eine verschiedene Beschaffenheit; es ist, wie wir sagten, „eine ständigen Wechseln in seiner Zusammensetzung unterworfene Flüssigkeit." Eine große Aufgabe der Physiologie wird darin bestehen, diese Verschiedenheiten aufzudecken; von ihrer Lösung dürfen wir die wesentlichsten Aufschlüsse über den Stoffwechsel im Innern der einzelnen Organe erwarten. —

Wir verlassen jetzt die Frage nach den Rückbildungsvorgängen der Drüsensäfte und Gewebe, so wie nach den Veränderungen, welche das Blut in den einzelnen Organen erfährt. Aber es erübrigt noch die dritte Frage. Was wird aus jenen Stoffen, die, vom Darmcanal aus in's Blutgefäßsystem aufgenommen, zum Theil sicher niemals integrirende Bestandtheile der Gewebe werden, vielmehr auf ihrer Laufbahn im Blute selbst, als sog. Respirationsmittel, bestimmte Metamorphosen erleiden und damit zur Ausscheidung aus dem Organismus geschickt gemacht werden? Es zählen hierher insonderheit das Wasser, der Zucker, die Milchsäure und die aus ihr schon im Darmcanal hervorgehende sog. Buttersäure, der Alkohol, die organischen Säuren und ein großer Theil der mineralischen, unorganischen Bestandtheile der Nahrungsmittel, wie das Kochsalz, die pflanzensauren Salze, einige phosphorsaure Salze u. s. w. Was geschieht mit ihnen, sobald sie in das Blutgefäßsystem aufgenommen sind?

Ueber die Bahnen des Wassers können wir nicht zweifelhaft sein. Es dringt vom Blute aus in die Gewebe ein, spielt als Lösungsmittel der meisten organischen und unorganischen Verbindungen, als wesentlichstes Vermittlungsglied des Stoffwechsels, in ihnen sowohl, als innerhalb des Blutes selbst eine höchst bedeutungsvolle Rolle, kehrt aus den Geweben in das Blut zurück und verläßt den Organismus nun, ebenfalls als Lösungs- oder Transportmittel verschiedener organischer und unorganischer Verbindungen, zum Theil durch Haut und Lungen, zum kleinsten Theil durch den Darmcanal, zum größern aber durch die Nieren. Man könnte in der That die Frage aufwerfen, weshalb der Organismus täglich einer so beträchtlichen Menge von Wasser bedarf? Die Antwort ist jedoch nicht schwer. Einmal ist das Wasser, wie er-

wähnt, durch seine auflösende Einwirkung auf viele Verbindungen die wesentlichste Bedingung für den ungehinderten Ablauf der chemischen Metamorphosen in Blut und Geweben; zu zweit hat uns Liebig die ständige Verdunstung an der Oberfläche des Körpers und in den Athmungsorganen als ein wesentliches Beförderungsmittel für die Aufnahme des Nahrungssaftes im Darmcanal kennen gelehrt, *) und ohne die beständige Zufuhr neuer Mengen von Wasser würde jene Verdunstung nicht in zweckentsprechender Weise erfolgen können; zu dritt aber können auch alle auszuscheidenden Stoffe das Blutgefäßsystem nur in gelöster Form verlassen, und also muß auch für diese jeder Zeit ein bestimmtes Quantum von Wasser zur Disposition stehen. Es sind diese Verhältnisse einleuchtend genug, als daß sie einer weitern Darlegung bedürften. — Vom Zucker haben wir schon früher bemerkt, daß er als solcher und größtentheils in der Form des Traubenzuckers, in das Blut übergeht, oder auch schon im Darmcanal zu Milchsäure umgewandelt wird. Ist ersteres der Fall, und wird er in sehr reichlicher Menge in's Blut aufgenommen, so wird er zum Theil, und zwar mit dem Harn, als Zucker wieder ausgeschieden. Der größere Theil wandelt sich aber im Blute (in Folge eines Fermentationsvorganges?) wahrscheinlich in dieselbe Säure um, in welche ein Theil schon im Darmcanal umgewandelt wurde, d. h. in Milchsäure, die Milchsäure verwandelt sich möglicher Weise unter Wasseraufnahme in Buttersäure, Kohlensäure und Wasser, **) die Buttersäure schließlich ebenfalls in Kohlensäure und Wasser, und beide diese Verbindungen sind somit als die endlichen Produkte der Zuckermetamorphose zu betrachten. Mit der aus dem Stärkmehl, dem Zucker u. s. w. im Darmcanal hervorgehenden Milchsäure verhält es sich aber in gleicher Weise. Sie wird in das Blut aufgenommen und hier bis zu Kohlensäure und Wasser hin meta-

---

*) Vgl. S. 239.

**) Diese Metamorphose wird durch folgendes Schema veranschaulicht:

2 At. Milchsäure = $C_{12}\,H_{10}\,O_{10}$ }
plus 2 „ Wasser = $H_2\,O_2$ }
bilden { $C_8\,H_8\,O_4$ = 1 At. Buttersf.
C_4 O_8 = 4 „ Kohlensf.
H_4 = 4 „ Wasserst., welche sich mit Sauerstoff zu Wasser verbinden.

morphosirt. Sei es jedoch bemerkt, daß zwischen der Milchsäure und zwischen den endlichen Producten, Wasser und Kohlensäure, wahrscheinlicher Weise noch mehre Mittelstufen liegen, und ist eine derselben vielleicht die erwähnte Buttersäure, so reihen sich an sie vermuthlich noch mehre Fettsäuren, wie z. B. die sog. Caprylsäure, Capronsäure u. s. w. an, Metamorphosen, zu deren Annahme uns einmal die unzweifelhafte Fettbildung bei vorzugsweise mit Zucker gefütterten Thieren (Wachsbildung bei den Bienen), andrerseits die manchen Thieren eigenthümlichen, und oft nur zu widerlichen Gerüche der Hautausdünstung zwingen. Der Alkohol ferner, über dessen Metamorphosen uns Duchek eine treffliche Arbeit geliefert hat, wird sehr rasch ins Blutgefäßsystem aufgenommen. Kaum aber in demselben angelangt, verwandelt er sich schon in Aldehyd, aus diesem wieder gehen stufenweise verschiedene Säuren, von denen Essigsäure und Kleesäure (oder Oxalsäure) bereits im Blute aufgefunden sind, hervor, und die endlichen Resultate der Metamorphose dieser sind schließlich wieder Kohlensäure und Wasser. *)

---

*) Die folgende Metamorphosenreihe des Alkohols mag ein Bild seines möglichen Zerfalls im Organismus geben:

Der Alkohol besteht aus . . . . $C_4 H_6 O_2$;

durch Aufnahme von 2 At. Sauerstoff verwandelt er sich in 2 At. Wasser und Aldehyd . . . . $= 2 HO + \underbrace{C_4 H_4 O_2}_{\text{Aldehyd}}$;

das Wasser geht fort; der Aldehyd aber verwandelt sich durch Aufnahme von 2 At. O weiter in 1 At. Wasser und Essigsäure $= HO + \underbrace{C_4 H_3 O_3}_{\text{Essigsäure}}$;

das Wasser geht wieder fort; die Essigsäure aber verwandelt sich durch Aufnahme von 4 At. O wieder weiter in 1 At. Wasser und 2 At. Ameisensäure . . . . $= HO + \underbrace{2 (C_2 HO_3)}_{\text{2 At. Ameisensäure}}$;

das Wasser geht wieder fort; die Ameisensäure aber verwandelt sich durch Aufnahme von 2 At. O wieder weiter in 2 At. Wasser und 2 At. Kleesäure . . . . . . $= 2 HO + \underbrace{2 (C_2 O_3)}_{\text{2 At. Kleesäure}}$;

das Wasser geht wieder fort; und die Kleesäure verwandelt sich endlich durch Aufnahme von 2 At. O in 4 At. Kohlensäure . . . . $= \underbrace{4 (CO_2)}_{\text{4 At. Kohlensäure}}$.

Ein Gleiches gilt endlich von allen organischen Säuren, sobald wir sie, wie es meistens geschieht und wie sie uns in den Früchten dargeboten werden, in Verbindung mit Alkalien, also als pflanzensaure Salze, genießen. Die Citronensäure, die Weinsäure, die Aepfelsäure, sie alle werden im Blute zu Kohlensäure und Wasser umgewandelt und werden als solche nicht nur durch Lungen und Haut, sondern auch mit dem Harn ausgeschieden. F. Wöhler danken wir die Entdeckung, daß sich die pflanzensauren Salze der genossenen Früchte als kohlensaure Salze alsbald im Harn wiederfinden, und es leidet demnach keinen Zweifel, daß die Kohlensäure des kohlensauren Salzes aus der Pflanzensäure des pflanzensauren Salzes hervorging. — Und was wird schließlich aus den in Frage stehenden unorganischen Bestandtheilen der Nahrungsmittel? Was von ihnen nicht zum Aufbau der Gewebe, zur Bildung von Zellen u. s. w., oder zur Erhaltung einer normalen und gleichmäßigen Blutmischung verwandt wird, wird vom Blute aus alsbald in den Nieren oder im Darmcanal, und zum kleinen Theil in der Haut ausgeschieden, um dann als Bestandtheil des Harns, oder der Darmentleerungen, oder des Schweißes seinen Ausweg aus dem Organismus zu finden. — Keineswegs aber bleiben die unorganischen Verbindungen auf diesen ihren Wegen immer und überall dieselben. Auch sie unterliegen mannigfachen Veränderungen, und kommen einerseits hie und da Trennungen von Salzen in ihre Säure und Basis vor, verbindet sich nach erfolgter derartiger Trennung die Basis vielleicht mit einer andern Säure, die Säure mit einer andern Basis, so verbinden sich andrerseits gewisse Elementarstoffe auf ihrem Wege durch den Organismus auch mit Sauerstoff, d. h. sie oxydiren, bilden Säuren, und nur in dieser Form scheiden sie aus dem Organismus aus. So kommt z. B. das mit den Nahrungsmitteln genossene phosphorsaure Natron zum größten Theil als phosphorsaures Kali im Harn wieder zum Vorschein (Böcker), und wir müssen annehmen, daß das erstere innerhalb des Organismus in Phosphorsäure und Natron zerlegt wurde, jene sich dann aber mit Kali, dieses dagegen mit einer Säure, vielleicht mit der Chlorwasserstoffsäure zu Kochsalz verband. So erfährt ferner das Kochsalz (Chlornatrium) eine Zerlegung in Chlor-

wasserstoffsäure und in Natron,*) kommt später wieder in Folge der abermaligen Verbindung seiner beiden Componenten als Kochsalz im Blute zum Vorschein, und wird endlich als solches im Harn entleert. So verbindet sich ferner der Schwefel- oder Phosphorgehalt einzelner stickstoffhaltiger Bestandtheile der Nahrungsmittel mit dem Sauerstoff zu Schwefelsäure und Phosphorsäure, und diese werden nun als solche mit dem Harn ausgeschieden. Doch auch diese Verhältnisse sind erst zum kleinen Theil thatsächlich festgestellt, wenn immerhin auch schon genügend, um ihre hohe Bedeutung für die Vorgänge des Stoffwechsels begreifen zu lassen. Die Ansicht, daß die mineralischen Bestandtheile der Nahrungsmittel den thierischen Organismus durchlaufen, ohne bei den Bildungsvorgängen innerhalb desselben eine nur irgend hervorragende Rolle zu spielen, oder selbst eine Veränderung in ihren Verbindungen zu erfahren, hat in der That den Ergebnissen der neuern Forschungen weichen müssen, und mehr und mehr erkennen wir, daß durch die Trennung der verschiedenen Salze in Säure und Basis, durch deren neue Verbindung mit beziehungsweise andern Basen und Säuren, — seien diese nun organische oder unorganische —, daß ferner durch die Oxydation einzelner Elementarstoffe der Nahrungsmittel zu Säuren und deren eventuelle Verbindung mit Basen, oder endlich auch durch die Verbindung dem Organismus direct mit den Nahrungsmitteln einverleibter Basen mit in demselben gebildeten oder schon vorhandenen freien Säuren, auf die Vorgänge des Stoffwechsels im Allgemeinen ebensowohl, als auf die Erhaltung des für die einzelnen Organismen einmal festgestellten Verhältnisses zwischen Säuren und Basen ein bedeutender Einfluß ausgeübt wird, ein Verhältniß, welches nach unseren früheren Mittheilungen nicht nur für die en- und exosmotischen Vorgänge, sondern auch, wie wir sogleich erwähnen werden, für den Ablauf der Metamorphosen organischer Verbindungen von größter Wichtigkeit ist. Es hat diese Erkenntniß eine weittragende und namentlich hohe praktische Bedeutung. Erst mit ihrer Hülfe vermögen wir die Wirkung als Heilmittel dargereichter Mineralsäuren und Alkalien einigermaaßen zu begreifen. Denn es kann keinem Zweifel unterliegen, daß, während die

---

*) Vgl. S. 228 u. 283.

Säuren sich mit einer entsprechenden Menge von Alkalien im Organismus verbinden und in Verbindung mit ihnen den Organismus wieder verlassen, die Alkalien sich umgekehrt größtentheils mit im Organismus vorhandenen Säuren verbinden und, verbunden mit diesen oder (falls es organische Säuren, z. B. Milchsäure, Essigsäure u. s. w. waren) mit deren Umwandlungsprodukten, aus dem Organismus ausscheiden. Im erstern Falle wird dem Organismus aber eine gewisse Menge alkalischer Basen, im letztern eine gewisse Menge organischer oder unorganischer Säuren entzogen, und eine solche Entziehung ist eben für den Ablauf der Stoffmetamorphosen von der erheblichsten Bedeutung.

Die so schwierig darzustellenden Metamorphosen der Nahrungsstoffe haben wir damit bis zu ihrem Austritt aus dem Organismus hin so weit angedeutet, als es Aufgabe dieser Blätter sein konnte. — Auch hier leitete den Verf. die Ansicht, daß es bei dem Versuche einer allgemein-verständlichen Darstellung der Physiologie, die nicht nur das bereits Errungene, sondern auch das zu Erringende in's Auge fassen soll, richtiger ist, die vorhandenen Lücken neben den bereits festgestellten Thatsachen klar aufzudecken, als dieselben mit wenigen Worten zu umgehen, und damit eine dem Verständniß des zusammenhängenden Ganzen nur zu nachtheilige Lücke offen zu lassen. Die Aufgabe der Darstellung ist in solchem Falle freilich eben so schwierig, als die sichere und klare Auffassung von Seiten des Lernenden, und zumal auf einem so sehr verwickelten Gebiete von Erscheinungen, wie dem eben besprochenen. Stelle man sich aber nur die einzelnen Nahrungsstoffe als Gruppen eng verbundener Elementarstoffe vor, denke man sich, daß sich diese Gruppen im thierischen Organismus in immer kleinere und zahlreichere Gruppen trennen, um schließlich, bei der letzten Trennung angelangt, den Organismus in der Form sehr einfacher Verbindungen zu verlassen, — und man wird ein im Allgemeinen richtiges Bild von den beregten Metamorphosen der Nahrungsstoffe, vergleichbar dem eines Stammbaumes, vor sich haben. — Doch die Physiologie hat in jedem einzelnen Falle nicht nur die Aufgabe, die Lebenserscheinung selbst darzustellen, und ihren Zusammenhang mit andern Erscheinungen zu verfolgen; sie soll auch den Ursachen jeder Erscheinung, den zwingenden Gründen ihres Zustandekommens nachforschen. Was also, haben wir noch zu fragen,

bedingt den Zerfall der Gewebe? Welches ist die Ursache der ständig fortlaufenden und streng geregelten Metamorphosen der in das Blut aufgenommenen und in ihm kreisenden Nahrungsstoffe?

Es wurde oben bereits erwähnt, daß die immerwährende Aufnahme von Sauerstoff in den Respirationsorganen als die wesentlichste Ursache der Stoffmetamorphosen im thierischen Organismus, so weit sie sich auf den Zerfall der Gewebe und Blutbestandtheile erstrecken, zu betrachten sei, und in der That leidet es kaum einen Zweifel, daß die Mehrzahl der in Frage stehenden chemischen Vorgänge als Oxydationsvorgänge oder Verbrennungsprocesse aufzufassen sind. Die Bildung der Kohlensäure im Organismus resultirt aus der Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff der organischen Verbindungen; das allmählige Hervorgehen des Aldehyds, der Essigsäure, der Oxalsäure und der Kohlensäure aus dem Alkohol bei gleichzeitiger ständiger Abgabe von Wasser lernten wir oben (S. 318) als von der fortdauernden Sauerstoffaufnahme dieser einzelnen Stoffe abhängig kennen u. s. w. u. s. w. — Aber dennoch, die Oxydation, die Verbindung der einzelnen organischen Verbindungen mit dem Sauerstoff reicht zur Erklärung des in bestimmter Weise erfolgenden Zerfalls derselben nicht aus. Es scheint vielmehr, daß einmal das Zustandekommen dieser Oxydationsvorgänge selbst abhängig ist von der Mitwirkung oder Beihülfe anderer, bereits oben erwähnter Verhältnisse (s. S. 303), daß andrerseits aber auch gewisse Metamorphosen auf ganz andre ursächliche Momente zurückgeführt werden müssen, als auf die Sauerstoffaufnahme. Wir wissen, daß der Zerfall des Zuckers oder der Pflanzensäuren bis zu ihren endlichen Produkten, Kohlensäure und Wasser, hin, wesentlich durch die Verbindung des Sauerstoffs mit den Kohlenstoffatomen des Zuckers oder der Pflanzensäuren bedingt ist. Allein eben so bestimmt wissen wir auch, daß diese Verbindung gar nicht oder in ganz andrer Weise erfolgen würde, wenn nicht gewisse begleitende Umstände dieselbe begünstigten oder überhaupt ermöglichten. — Die Spaltung des Kochsalzes auf der andern Seite in Chlorwasserstoffsäure und Natron, die wahrscheinliche Metamorphose des Zuckers zu Milchsäure und die Spaltung dieser in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff (s. S. 317)

wird Niemand als Oxydationsvorgang zu bezeichnen geneigt sein. Daß aber dennoch bestimmte Ursachen dieses Zerfalls existiren, wird eben so wenig Jemand bezweifeln. Sind wir aber schon mit jenen begleitenden und begünstigenden Verhältnissen bekannt? Kennen wir schon mit Bestimmtheit die übrigen in Frage stehenden ursächlichen Momente der Stoffmetamorphose? — Sagen wir es kurz. Vermuthen dürfen wir, daß es sich, wie beim Aufbau der Gewebe, so auch bei ihrem Zerfall zum Theil um electrische, wenn auch bis dahin unserer Deutung gänzlich unzugängliche Vorgänge handelt; als ausgemacht dürfen wir es dagegen betrachten, daß eben so wenig wie der Aufbau, so der Zerfall der Gewebe und Blutbestandtheile ohne Beihülfe der unorganischen Bestandtheile der Nahrungsstoffe und weiterhin des Blutes zu Stande kommt, und hierauf eben beruht der hochwichtige Einfluß derselben, auf welchen wir so eben hingedeutet haben. Die Zelle bildet sich, unsern frühern Mittheilungen zufolge, nicht ohne die Gegenwart und Beihülfe des phosphorsauren Kalkes. Aber es will scheinen, daß auch für ihren Zerfall oder den Zerfall ihres Inhaltes, so wie für die Metamorphose der organischen Bestandtheile gewisse unorganische Verbindungen erforderlich sind, und als solche dürfen wir bereits mit Bestimmtheit die alkalischen Basen: Kali und Natron, und nicht minder manche Salze wie das Kochsalz, das kohlensaure Kali oder Natron u. s. w. bezeichnen. Nur ein einzelnes Beispiel mag dieses Verhältniß erläutern.

Werden dem Organismus organische Säuren, also z. B. Citronensäure, Aepfelsäure u. s. w., zugeführt, so werden diese Säuren mehr oder weniger unverändert mit dem Harn ausgeschieden. Werden dagegen dieselben Säuren in Verbindung mit alkalischen Basen, also als pflanzensaure Salze genossen, — und in dieser Verbindung sind sie zum größten Theil in den Früchten enthalten —, so werden sie im Blute in der Weise metamorphosirt, wie wir es oben bezeichneten, d. h. sie zerfallen in Kohlensäure und Wasser. Die alkalischen Basen sind es also, welche in diesem Falle eine nothwendige Bedingung bilden für den Zerfall oder die Metamorphose einer organischen Verbindung, und zwar der organischen Säure. *) — Eine ganz ähnliche Wirkung scheinen

*) Vgl. Liebig's chemische Briefe, 3. Aufl. S. 523.

nun aber die Alkalien auf die Metamorphose nicht nur sämmtlicher stickstofffreien, sondern auch der stickstoffhaltigen Nahrungsbestandtheile auszuüben. Sie sind wesentliche Bedingungen für den Zerfall derselben, ja wir wissen selbst, daß sie, in größerer Menge genossen, diesen Zerfall beschleunigen, eine Wirkung, welche uns die Heilkräfte alkalischer Wässer, der Sodawässer, der Emser-, Selterser- und anderer Quellen zum Theil erklärt. Auch das Kochsalz hat, in Bezug auf die eiweißartigen Bestandtheile wenigstens, eine ähnliche Wirkung; es beschleunigt, in größerer Quantität genossen, die Metamorphose derselben. Die mineralischen Säuren dagegen üben, ganz übereinstimmend mit diesen Erfahrungen, eine geradezu entgegengesetzte Wirkung aus; sie fesseln eine gewisse Menge von Alkalien an sich, hindern in dieser Weise deren Einwirkung auf die organischen Verbindungen, und treten damit deren Metamorphose hemmend entgegen. So weit befinden wir uns auf dem Gebiete der Thatsachen. Gehen wir nun aber noch einen Schritt weiter und fragen, weshalb und wie die Alkalien und Säuren diese ihre den Stoffwechsel beschleunigenden oder retardirenden Wirkungen entfalten, so müssen wir bis dahin die Antwort schuldig bleiben. Was wir davon wissen, beschränkt sich auf die von Chevreul festgestellte Erfahrung, daß „eine Menge organischer Verbindungen bei Berührung oder in Gegenwart von freiem Alkali das Vermögen empfangen, sich mit Sauerstoff zu verbinden (zu verbrennen), ein Vermögen, welches sie für sich bei gewöhnlicher Temperatur oder bei der Temperatur des thierischen Körpers nicht besitzen.“ *)

In Betreff der eben ausgesprochenen Vermuthung, daß auch die electrischen Kräfte bei dem Zerfall der Gewebe betheiligt seien und damit eine wesentliche Bedingung für den Eintritt der in Frage stehenden Oxydationsvorgänge bilden, sei auf das verwiesen, was bereits früher, bei Darlegung der Functionen des Nervensystems, ausge-

---

*) Eine ausführliche, treffliche Behandlung der hier beregten Fragen findet sich im 27sten der „Chemischen Briefe“ von J. v. Liebig, 3. Aufl. — Ueberhaupt finden in diesem Werke manche der im vorliegenden sowohl, als im 13. Vortrage nur kurz angedeuteten Verhältnisse eine weitere Ausführung.

sprochen wurde. *) Es ist jene Betheiligung des Nervensystems an den Vorgängen des Stoffwechsels eine leider nur zu oft vernachlässigte, und doch über allen Zweifel erhabene Thatsache. Mit seiner Leistungsfähigkeit und Energie steigt die Extensität und Intensität dieser, mit der Trägheit dieser fällt seine Schlaffheit, seine Leistungsunfähigkeit zusammen. Vermögen wir aber den Zusammenhang der Erscheinungen schon zu übersehen? Wissen wir namentlich, ob die Energie oder Leistungsunfähigkeit des Nervensystems nur dadurch auf die Vorgänge des Stoffwechsels influiren, daß sie auf Blutcirkulation, Muskelaction u. s. w. bestimmend, dort also anregend, hier erschlaffend einwirken, oder ob es die in ihm entwickelten electrischen Ströme sind, welche je nach ihrer Stärke verschiedene Alterationen der den einzelnen Geweben ebenfalls zukommenden electrischen Kräfte, und im dritten Gliede eine Beschleunigung oder Hemmung der von diesen electrischen Kräften abhängigen Stoffmetamorphosen herbeiführen? Auch hier liegt noch manche Frage ungelöst vor uns, und erkennen wir die Lückenhaftigkeit unseres physiologischen Wissens schon bei dem Verfolge der einzelnen Lebenserscheinungen, der einzelnen chemischen und physikalischen Vorgänge an und für sich, so tritt uns dieselbe nur noch um Vieles fühlbarer entgegen, sobald wir an eine Darstellung des Ineinandergreifens und der gegenseitigen Abhängigkeit dieser einzelnen Erscheinungen von einander denken.

So betrachten wir also, um es kurz zu wiederholen, den in den Athmungsorganen aus der Atmosphäre aufgenommenen Sauerstoff als das wesentlich bedingende Moment für die Metamorphose der Gewebs- und Blutbestandtheile. Es stellen sich diese Metamorphosen, chemisch betrachtet, zum großen Theil als Verbrennungsprocesse dar. Allein wir haben uns vorzustellen, daß diese Processe nicht in der Weise von Statten gehen würden, wie es der Fall ist, wenn ihnen nicht einerseits durch gewisse Bestandtheile der Nahrungsstoffe, und zwar vorzugsweise durch die Alkalien, andrerseits aber auch durch die im Organismus überhaupt, und im Nervensystem im Besondern waltenden Kräfte Vorschub geleistet, gewissermaaßen eine bestimmte Richtung gegeben würde, ein

*) Vgl. S. 116.

Verhältniß, dessen hohe Bedeutung für praktische Consequenzen nur zu einleuchtend ist. — Sei es überdies erwähnt, daß auch das im Blute kreisende und alle Gewebe durchtränkende Wasser in schon oben angedeuteter Weise den fraglichen Metamorphosen zu Hülfe kommt. Wir wissen mit Bestimmtheit, daß ein vermehrter Genuß desselben, wie er z. B. bei den sog. Wasserkuren Statt hat, beschleunigend auf den Stoffwechsel einwirkt (Böcker, Mosler, Genth u. A.), und müssen also schließen, daß auch seine normale Quantität auf Auflösung, Vertheilung, Metamorphose u. s. w. der einzelnen Stoffe eine Einwirkung von bestimmter Größe ausübt. Und gedenken wir endlich der chemischen Metamorphosen im engern Sinne des Wortes, der sog. katalytischen oder Gährungs-Vorgänge, Vorgänge, welche eine so bedeutende Rolle bei den ersten Umwandlungen der Nahrungsstoffe im thierischen Organismus, im Magen, Darmcanal u. s. w. spielen, *) so scheinen auch sie beim Zustandekommen der Oxydationsvorgänge in Frage zu stehen und für deren gesetzmäßigen, unwandelbaren Ablauf von Bedeutung zu sein, wiewohl wir das Wann? Wo? und Wie? ihres Eingriffs noch nicht näher zu bezeichnen vermögen. **) Man darf sich denken, daß diese Fermentationsvorgänge und ebenso vielleicht die oben erwähnten electrischen Kräfte, die Aufgabe haben, gewisse zusammengesetzte organische Verbindungen zunächst in einfachere Verbindungen zu zerspalten, bevor und damit der Sauerstoff an denselben zur beabsichtigten Wirkung kommen kann. Sie trennen, um ein recht grobes Bild zu gebrauchen, die complexen organischen Verbindungen in ähnlicher Weise und zu ähnlichem Zwecke, wie wir ein Scheit Holz spalten, bevor und damit es in den Ofen paßt und verbrannt wird, d. h. bevor der Sauerstoff an ihm zur beabsichtigten Wirkung kommt. Und wollen wir das Bild noch weiter ausdehnen, so können wir auch den oben erwähnten Alkalien ihre Rolle zuertheilen. Sie lassen sich den Zündern des Brennmateriales vergleichen; denn wie dieses sich nur bei einer gewissen Temperatur, die ihm vom Zünder mitgetheilt wird, rasch mit dem

---

*) Vgl. S. 202, 217 und 221.

**) Vgl., was S. 317 über die Metamorphosen des Zuckers gesagt wurde.

Sauerstoff der Luft verbindet (d. h. verbrennt), also gehen die organischen Verbindungen in Organismus nur mit Beihülfe der Alkalien die zweckentsprechende Verbindung mit dem Sauerstoff ein.

Wir stehen jetzt, um den Faden unserer chronologisch geordneten Betrachtung festzuhalten, auf dem Punkte, wo die Drüsensäfte und metamorphosirten Gewebsbestandtheile ins Blut zurückgekehrt sind, und die endlichen Produkte sowohl ihrer eigenen und weiteren Metamorphosen, als diejenigen der sog. Respirationsmittel das Blut in reicher Menge schwängern. Wie und wo gelangen diese endlichen Produkte nunmehr aus dem Blute hinaus? Wie sind die Organe gebaut, die für diese Ausscheidung Sorge tragen?

Das in seinen Kreisen durch den Organismus venös gewordene Blut kehrt, wie oben erwähnt, aus allen Theilen desselben zum Herzen zurück, durchsetzt dasselbe, tritt in die Respirationsorgane ein, und findet hier den ersten großen Ausweg für einige seiner Auswurfsstoffe offen. Wie also steht es zunächst um den Bau, wie um die Verrichtungen der Athmungswerkzeuge?

Auch hier ziehen wir vorläufig nur die höher entwickelten Wirbelthiere, und zwar die Säugethiere, in Betracht. Die Respirationsorgane derselben, die Lungen, werden aber in ihrem Bau gar leicht verstanden werden, wenn wir erwähnen, daß sie ganz ähnlich den zusammengesetzten Drüsen (s. S. 275) construirt sind, und in der That dürfen die Lungen als Drüsen bezeichnet werden, die sich nur dadurch von andern und ähnlichen Organen unterscheiden, daß ihr Absonderungsprodukt kein tropfbar-flüssiges, sondern ein gasförmiges ist. Die Luftröhre gleicht hier dem Ausführungsgange der oben gezeichneten Speicheldrüsen. Sie steht nach vorn in offener Communication mit der atmosphärischen Luft, und theilt sich nahe hinter dem obern Theile des Brustbeins in einen rechten und linken Ast für die rechte und linke Lunge (s. Fig. 208 b a. f. S.). Aehnlich jenem Ausführungsgange verzweigt sich jeder dieser Aeste aber, nach unten oder hinten hin,

baumförmig in immer feinere Aeste, Zweige und Reiser, um schließlich überall in trauben- oder bläschenartige blinde Erweiterungen auszulaufen (Fig. 209); und werden nun endlich all diese Aeste, Zweige, Reiser und Bläschen durch ein, zum größten Theil aus elastischen Fasern zusammengesetztes Gewebe zusammengehalten und verbunden (Fig. 210), so stellt damit jede Lunge jene mehr oder weniger dichte,

Fig. 208 b.*)

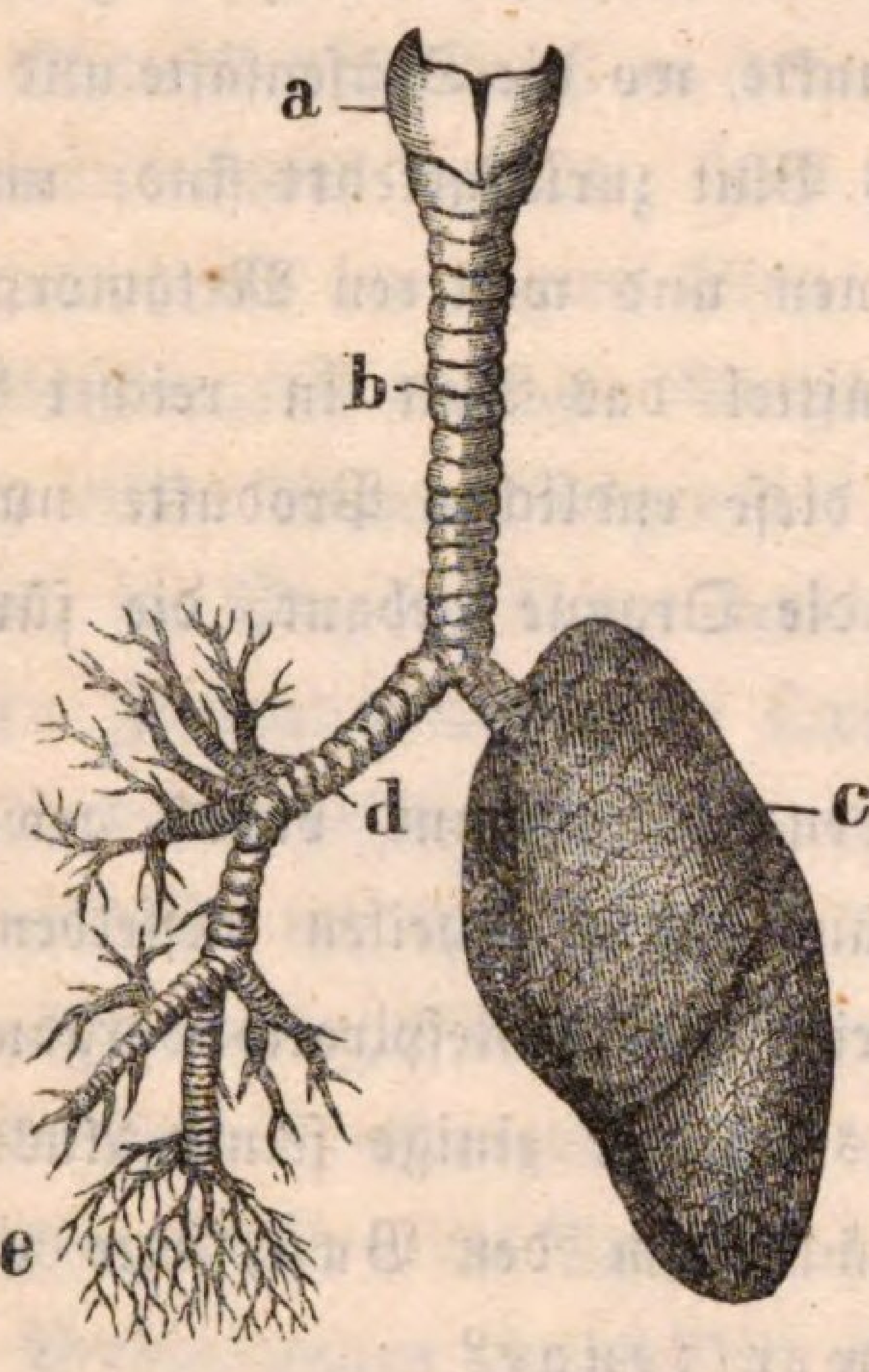


Fig. 209.**)

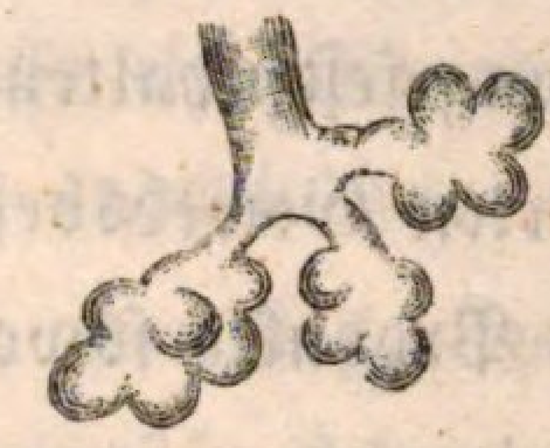
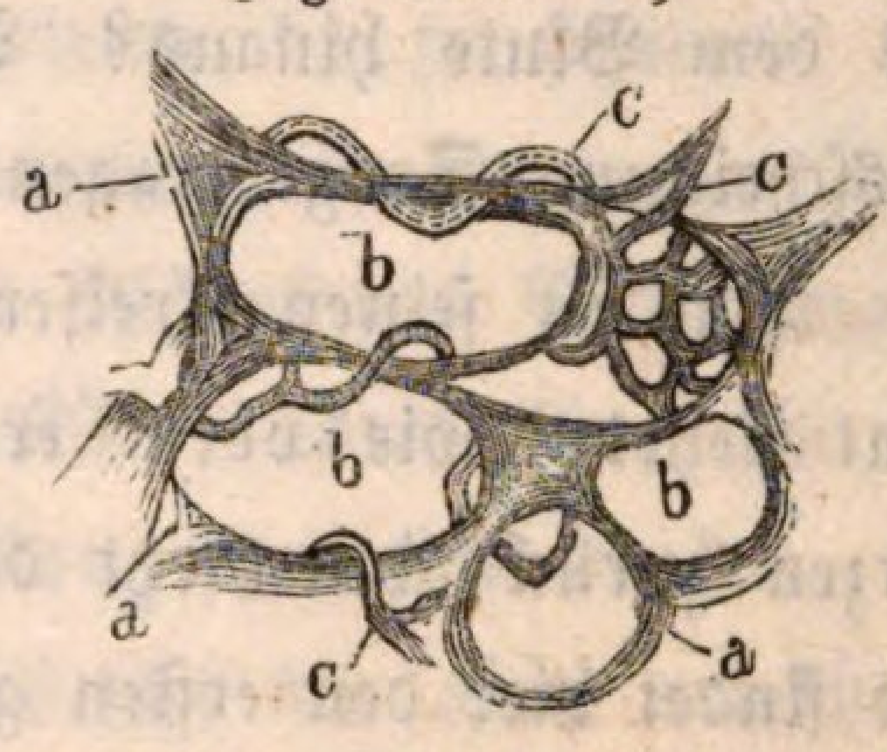


Fig. 210.***)



zusammenhängende, lufthaltige Gewebsmasse dar, als welche sie sich bekanntlich dem Auge und dem Gefühl darbietet. Die einzelnen Lungen-

*) Menschliche Lungen mit a dem Kehlkopf und b der Luftröhre. — Die linke Lunge c ist unversehrt. Von der rechten ist aber das Gewebe entfernt, um die Verzweigungen des rechten Luftröhrenastes d zu zeigen. Bei e sind die feinsten Verzweigungen gezeichnet, während übrigens nur die stärkeren Aeste und Aestchen angegeben sind. (Nach Milne-Edwards a. a. O. S. 41.)

**) Endigung eines Luftröhrenästchens der menschlichen Lunge; circa 10mal vergrößert. Schematische Darstellung.

***) Das die Lungenzellen verbindende Bindegewebe (a a a), und die sich an ihm und den Lungenzellen verzweigenden Blutgefäßchen (c c c). — b b b sind die Lücken, in denen man sich die Lungenbläschen liegend zu denken hat. Ca. 200mal vergrößert. (Nach Ecker a. a. O. Taf. X.)

bläschen sind dabei auf ihrer Innenfläche, wie die Drüsenbläschen mit Drüsenzellen, so mit platten Epithelialzellen bekleidet; außen an ihnen verbreiten sich ferner die feinsten Blutgefäße in einem dichten Netze (s. Fig. 210); und dringt nun einerseits die eingeathmete atmosphärische Luft bis in die letzten Endigungen der Luftröhrenverästelungen vor, giebt das Blut von der andern Seite Kohlensäure und Wasserdunst an die letztern ab, so tritt in ihnen selbst eine Diffusion der Gase ein, und während das Blut aus dem so entstandenen Gasgemenge für die abgegebene Kohlensäure Sauerstoff zurückerhält, nimmt die eingeathmete Luft die Kohlensäure für diesen Sauerstoff in Tausch, um dieselbe mit sich aus dem Organismus hinauszuführen, sobald sie durch den Act der Ausathmung aus den Lungen hinausgetrieben wird. —

Auf die gesetzlichen Verhältnisse und die physikalische Nothwendigkeit dieser Gasaufnahme und Gasabgabe von Seiten des Blutes an die atmosphärische Luft können wir hier nicht wohl näher eingehen. Es verhält sich damit ähnlich, wie in der Pflanze, und wir verweisen auf die in dieser Beziehung bereits früher gemachten Mittheilungen.*) In anatomischer Beziehung sei dagegen noch erwähnt, daß die Luftröhre, welche oben mit dem stimmbildenden und durch seine äußerst reizbare Kehlritze Schutz gegen das Eindringen fremder Körper darbietenden Kehlkopf verbunden ist, daß ebenso ferner die ersten und größeren Aeste derselben, durch ein unvollständiges, knorpliges Gerüst, durch knorplige, meistens nicht ganz geschlossene Ringe ihre nothwendige Festigkeit erhalten, eine Muskelschicht aber den hinteren offenen Theil dieser Ringe ausfüllt. Die ganze Röhre und deren größere Aeste sind dabei außen von einer elastisch-fibrösen, innen dagegen von einer dicken, durch Bindegewebe mit Muskelschicht und Knorpelringen verbundenen Schleimhaut bekleidet, eine Schleimhaut, deren Gewebe außerordentlich reich ist an elastischen Fasern und deren Oberfläche von einem sog. Flimmerepithelium, d. h. Flimmerzellen, die für die Fortbewegung des von den Schleimdrüschen der Schleimhaut abgesonderten Schleimes Sorge tragen sollen, bekleidet ist. Doch je feiner nach und nach die Aeste der Luftröhre werden, desto einfacher wird auch ihr Bau. Von

*) Vgl. Bd. I. S. 269.

den Knorpelringen bleiben nur noch Spuren in der Form knorpliger Plättchen, und endlich schwinden auch diese; die Muskelhaut ist nur noch durch einige Fasern kenntlich; und von der Schleimhaut findet sich zuletzt nichts, als die stark elastischen Fasern und die Epithelialzellen, die aber hier nicht mehr ein sog. Flimmer-, sondern ein Pflasterepithelium (plattgedrückte Zellen) bilden. —

So gebaut, füllen die Lungen nun, neben dem Herzen und den großen Blutgefäßen (s. Fig. 191 S. 247) die Brusthöhle ganz vollkommen aus, und, zur Verhütung schädlicher Frictionen an ihrer Oberfläche ebenso, wie die Brustwand an ihrer Innenfläche, von einer zarten, glatten, serösen Haut, dem sog. Lungenfell überzogen, bei den Säugethieren ferner durch einen starken Muskel, das sog. Zwerchfell, von den Unterleibsorganen getrennt, bedingen sie in ununterbrochenem Wechsel von Ausdehnung und Zusammenziehung jenen für das Leben des Thieres so unumgänglich nothwendigen Gasaustausch, den wir so eben flüchtig bezeichneten. — Doch wie kommen wieder diese Bewegungen, die wir als Einathmung und Ausathmung bezeichnen, zu Stande?

Wir können nicht anders, als in dem von der atmosphärischen Luft auf die Oberfläche des Organismus ausgeübten Reize die Ursache zur ersten Athmung des neugeborenen Kindes suchen. Jener Reiz verursacht eine Reflexbewegung, eine Contraction der Einathmungsmuskeln; die Contraction dieser Muskeln, und zwar des Zwerchfells, der Zwischenrippenmuskeln und Rippenheber, bedingt eine Erweiterung des Brustkorbes in allen Richtungen, und die natürliche Folge davon ist, daß die atmosphärische Luft sofort durch die Luftröhre bis in die ausdehnungsfähigen Lungenbläschen eindringt oder besser hineinstürzt, um durch Erweiterung derselben den leeren Raum auszufüllen, welcher anders durch die Erweiterung des Brustkorbs entstehen würde. Die Lunge selbst verhält sich also beim Einathmungsacte durchaus passiv. Doch die Ausdehnung des Brustkorbs und der Lungen erreicht alsbald einen höchsten Grad; es beginnen die elastischen Fasern der letztern activ zu werden; sie ziehen sich zusammen; und die Folge davon ist, daß ein Theil der in die Lungen eingedrungenen Luft wieder ausgetrieben wird. Vermöge ihrer Elasticität kehren während dieser Zeit

die Inspirations-Muskeln in ihren natürlichen Ausdehnungszustand zurück; die Action der elastischen Lungenfasern findet aber eine wesentliche Unterstützung in der Contraction der Bauchmuskeln, in dem Drucke ferner, welcher von den beim Einathmungsacte durch das Zwerchfell comprimirten Gasen im Darmcanal gegen das letztere ausgeübt wird, und zu einem Theile in der rückgängigen Bewegung der bei der Inspiration emporgehobenen Rippen, die jetzt vermöge ihrer Schwerkraft und in Folge ihrer Verbindung mit den Bauchmuskeln die frühere Stellung wieder einzunehmen streben, Umstände, welche sämmtlich auf die Verengerung der Brusthöhle und die Austreibung der Luft aus den Lungen hinwirken. Und was setzt nach vollendeter Exspiration die Inspirationsmuskeln, oder vielmehr deren Nerven, von Neuem in Thätigkeit? — Man bezeichnet die Athembewegung als eine automatische, von gewissen Ganglienzellen des verlängerten Markes aus erregte.*) Allein es ist damit sehr wenig erklärt, und nach dem, was wir früher bereits über diesen Gegenstand bemerkten, müssen wir auch hier die Frage als eine durchaus offene bezeichnen. Wir wissen nur, daß das wechselnde Spiel der Ein- und Ausathmung, einmal angeregt, vom ersten Erwachen des selbständigen Lebens an, bis zum letzten Augenblick desselben hin fortdauert; was aber in jeder Minute bei dem neugeborenen Kinde mehr als 40, bei dem Jüngling 20, und bei dem Erwachsenen 12—16 Mal die Inspirationsmuskeln zur Contraction anregt, läßt sich noch nicht mit Sicherheit bestimmen.

Bei der Einathmung werden die Lungen nun allerdings durch Luft ebensowohl ausgedehnt, als sie bei der Ausathmung Luft austreiben. Es ist dabei jedoch zu bemerken, daß nach Vierordt's u. A. Untersuchungen bei jeder gewöhnlichen Exspiration nur $1/5$—$1/4$ der in den Lungen überhaupt enthaltenen Luft ausgeathmet, und bei der Einathmung ebenfalls nur $1/5$—$1/4$ derjenigen Luftmenge aufgenommen wird, welche die Lungen überhaupt zu fassen im Stande sind. In Folge dieses Verhältnisses kommt die frisch eingeathmete Luft nie unmittelbar mit den Lungenzellen und den sich an ihnen verzweigenden Blutgefäßen in Berührung; es tritt vielmehr innerhalb der Luftwege selbst ein Gas-

*) Vgl. S. 108 u. 109.

austausch ein; Sauerstoff vertritt die Stelle der vom Blute abgeschiedenen Kohlensäure; der Austausch der Gase dringt bis in die letzten Endigungen der Luftwege vor, und so erst gelangt der Sauerstoff zum Blute. — In Folge desselben Verhältnisses hat man auch zwischen der beim gewöhnlichen, und der beim angestrengten Athmen ausgeathmeten Luftmenge zu unterscheiden. Durch besondere Instrumente, die sog. Spirometer, sind wir in den Stand gesetzt, diese Mengen leicht zu bestimmen. Bei gewöhnlicher, ruhiger Respiration eines erwachsenen Mannes beläuft sich nach Vierordt die Menge der bei jeder Exspiration ausgeathmeten Luft auf 507 Cubik-Centimeter, in 24 Stunden also etwa auf 10,280,900 C.-C.; bei möglichst angestrengter und anhaltender Exspiration athmet dagegen ein Mann von etwa 5 Fuß Höhe nach Hutchinson 2214 C.-C., ein Mann von 6 Fuß Höhe und darüber 4000—4500 C.-C. Luft aus. Doch diese Verhältnisse wechseln mannigfach je nach der Muskelkraft des Individuums, je nach seinem Allgemeinbefinden und insonderheit je nach dem Gesundheitszustande der Lunge. Eine nur zum Theil für die Luft wegsame Lunge wird selbstverständlich niemals eine so große Luftmenge in sich aufnehmen können, als eine gesunde, und daß man diese Luftmengen durch die Spirometer zu bestimmen vermag, verleiht der Anwendung derselben behuf richtiger Diagnose der Lungenkrankheiten einen nicht unbedeutenden praktischen Werth.

Wichtiger noch für uns, als diese Verhältnisse, sind jedoch die Verschiedenheiten, welche die ein- und ausgeathmete Luft in physikalischer sowohl als chemischer Beziehung darbieten. Die zu inspirirende Luft zeigt in ihrer Zusammensetzung constante Verhältnisse, deren bereits früher Erwähnung geschah.*) 100 Vol. trockner Luft enthalten 20,9—21,2 Vol. Sauerstoff und 79 Vol. Stickstoff; der Kohlensäuregehalt beläuft sich auf etwa 0,0004 Vol. und nimmt nur in eng geschlossenen Räumen u. s. w. zu; ebenfalls wechselnd ist der Wassergehalt der Atmosphäre. Die exspirirte Luft bietet dagegen folgende wesentliche Eigenschaften dar: Sie besitzt zunächst eine ziemlich constante, hohe Temperatur und ist mit Wasserdampf gesättigt. Dieser Wassergehalt,

*) S. Bd. I. S. 204.

wechselt mit der Tiefe der Athemzüge, und beläuft sich im Mittel in 24 Stunden etwa auf 400—500 Grm., also nahezu auf 1 Pfund. Vorzugsweise ausgezeichnet ist aber die Exspirationsluft durch ihren Gehalt an Kohlensäure. Diese aus dem Blute herstammende Kohlensäure ist an die Stelle eines gleichen Volums Sauerstoff der eingeathmeten Luft getreten, und zwar beträgt ihre Menge beim gewöhnlichen Athmen etwa 4,3 Proc., so daß die ausgeathmete Luft statt 20,9—21,2, nur 16,03 Proc. Sauerstoff, und neben diesen die bezeichneten 4,3 Proc. Kohlensäure enthält. *) Der Stickstoffgehalt der eingeathmeten Luft wird meistens in gleicher Menge von den Lungen zurückgegeben. Unter Umständen wird jedoch wahrscheinlich auch Stickstoff, der aus stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln herstammt, in den Lungen ausgehaucht,**) während andrerseits auch kleine Mengen von Stickstoff aus der atmosphärischen Luft zu bis dahin unbekannten Zwecken in das Blut aufgenommen werden. ***)

Die quantitativen Verhältnisse betreffend, so beträgt die Gesammtmenge der in 24 Stunden vom Erwachsenen ausgeathmeten Kohlensäure etwa 867 Grm. (Scharling), wogegen 746 Grm. Sauerstoff aufgenommen werden. Allein auch diese Verhältnisse sind je nach Lebensart, Nahrungsmitteln, körperlicher Anstrengung, Tageszeit u. s. w. äußerst verschieden, und die Kenntniß eben dieser Differenzen besitzt nicht nicht nur ein hohes physiologisches, sondern auch ein bedeutendes praktisches Interesse. — Nur Einiges davon. — Im Allgemeinen steigt zunächst die Menge der exspirirten Kohlensäure, entsprechend dem nach und nach abnehmenden Körperwachsthum, von der Geburt an bis zu einem gewissen Alter. Das Maximum fällt etwa auf das dreißigste Lebensjahr. Kräftige, muskelstarke Individuen exhaliren aber, in Folge ihres überhaupt regeren Stoffwechsels, immer mehr Kohlensäure, als schwächliche und magere; Frauen weniger, als Männer. — Beträchtlich variirt ferner die Menge der Kohlensäure je nach der Tiefe und

*) Nach neuern Untersuchungen von Dr. Becher ist der Procentgehalt der ausgeathmeten Luft an Kohlensäure höher, und zwar beläuft er sich im Mittel während des Tages auf etwa 6,5 Proc.

**) S. unten.

***) Vgl. S. 264.

Häufigkeit der Athemzüge. Bei normaler Frequenz der letztern (zwölf in der Minute) exhalirte Vierordt in einer Minute 246 C.-C. Kohlensäure, bei halb so großer Frequenz 171 C.-C., bei der doppelten Frequenz 396 C.-C., bei der vierfachen 696 C.-C., bei der achtfachen 1296 C.-C.; und wenn derselbe um dieses Gebiet der Forschung hochverdiente Physiolog nachwies, daß bei stoßweiser, absetzender Exspiration die aus den untern Theilen der Luftwege herstammende Luft weit kohlensäurehaltiger sei, als die aus den obern Theilen derselben, so ist damit der wesentlichste Beweis für die oben erwähnte Diffusion der Gase in den Luftwegen geliefert. — Von überaus bedeutsamem Einfluß ist ferner die Nahrungsaufnahme. Kurze Zeit (2—3 Stunden nach letzterer) ist der Kohlensäuregehalt der Exspirationsluft allemal vermehrt. Auch vermehrte Pulsfrequenz (beschleunigte Blutbewegung) und erhöhte Körpertemperatur sind stets mit vermehrter Kohlensäureexspiration verbunden, und bringen wir all diese einzelnen Momente in Rechnung, so ergiebt sich leicht die Erklärung der Curve, die die aufgezeichneten Schwankungen der Kohlensäureexhalation im Laufe des Tages bilden. Diese Curve ist aber nach den neuern, trefflichen Untersuchungen von Becher*) folgende: Die Kohlensäureausgabe ist Morgens, unmittelbar nach dem Erwachen ziemlich bedeutend. Es ist dies ohne Frage eine Folge der während des Schlafes geringeren Frequenz des Athmens, die zu einer Anhäufung von Kohlensäure im Organismus Veranlassung gab. Bis 10 Uhr pflegt die Kohlensäuremenge sodann, falls kein Frühstück genossen wird, allmählig abzunehmen. Gegen die Mittagszeit beginnt sie aber wieder zu steigen, und findet jetzt eine Nahrungsaufnahme Statt, so steigt unmittelbar nach dem Beginne der Verdauung, gleichzeitig mit der zunehmenden und größten Athemfrequenz, die Kohlensäureexhalation beträchtlich, um ungefähr 2—2½ Stunden nach der Mahlzeit ihr Maximum zu erreichen, und allmählig wieder zu sinken. Wird dagegen gefastet, so erreicht die um Mittag stattfindende Steigerung eine ungleich geringere Höhe, eine Höhe, welche proportional geht mit der Vermehrung der Pulsfrequenz und Körpertem-

---

*) Henle und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge. 6. Bd. 3. Hft. 1855.

peratur, die unabhängig von der Verdauung zur Mittagszeit beobachtet werden. Treffend macht Becher dabei darauf aufmerksam, daß die nach den Mahlzeiten zu beobachtende gesteigerte Athemfrequenz nicht sowohl durch die vermehrte Kohlensäurespannung im Blute, als vielmehr durch die mit der Verdauung beginnende Steigerung des Sauerstoffbedürfnisses veranlaßt sei, ein Bedürfniß, welches einem Jeden durch die oftmaligen und unwillkürlichen tiefen Inspirationen insonderheit nach reichlichen Mahlzeiten aus der Praxis bekannt sein wird. — In Betreff einzelner Nahrungsmittel sei noch erwähnt, daß die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure nach dem Genusse vegetabilischer Kost, und namentlich der zucker- und stärkemehlhaltigen Nahrungsmittel zu-, bei Fleischkost dagegen abnimmt. Nach dem Genusse von Spirituosen vermindert sich dagegen die Kohlensäureausgabe auffallender Weise, und nicht minder kennen wir in dem Caffee und Thee, insonderheit aber in dem ersteren, Getränke, welche die Kohlensäureexhalation beschränken. — Aber auch die Beschaffenheit der uns umgebenden Atmosphäre ist von größtem Einfluß auf die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure. Eine Erhöhung der Temperatur der äußern Luft um 10—11° C. vermindert nach Vierordt die Respirationsfrequenz um 4,9 %, das Volumen der einmaligen Exspiration um 5,2 %, die in einer Minute ausgeathmete Luft um 10,9 %, die in einer Minute exhalirte Kohlensäure um 14,9 %. Ist es darnach auffallend, daß in heißen Climaten insonderheit oft Krankheiten der Leber vorkommen, als desjenigen Organes, welches für die Verwendung oder Ausscheidung des nicht zu Kohlensäure oxydirten, und also auch in den Athmungswerkzeugen nicht exhalirten Kohlenstoffs der Nahrungsmittel Sorge zu tragen hat, und bei längerer Andauer der beschränkten Kohlensäureexhalation die ihm auferlegte, unnatürliche Last nicht zu bezwingen vermag? — Weniger bedeutend ist der Einfluß des Luftdruckes. Freilich sind Athemfrequenz und Pulsschläge bei hohem Barometerstande etwas vermehrt und es wird in Folge davon der Gasaustausch in den Lungen reger. Allein die in vermehrter Menge ausgeathmete Luft enthält nur sehr unbedeutend mehr Kohlensäure, als die bei niederm Barometerstande exspirirte, und nur in dem Falle rascher Schwankungen des Luftdruckes zeigt sich neben der vermehrten Athemfrequenz auch die

Kohlensäureausgabe beträchtlich vermehrt (Vierordt, Lehmann). Von größerer Bedeutung ist wieder der Feuchtigkeitsgrad der Luft. Insonderheit Lehmann verdanken wir den Nachweis, daß in feuchter Luft nicht nur tiefer und rascher respirirt wird, sondern auch die Kohlensäureausgabe beträchtlich zunimmt, eine Erfahrung, von der z. B. bei Erklärung der Wirkung der Seeluft Anwendung gemacht werden zu müssen scheint, und welche gleichzeitig das gesteigerte Nahrungsbedürfniß in feuchten Klimaten erklärt. Sei es endlich erwähnt, daß nach Allen und Pepys die Fortsetzung der Respiration unmöglich wird, wenn die zu inspirirende Luft 10 Vol. Kohlensäure (Proc.) oder mehr enthält, ein Verhältniß, von dessen verhängnißvollem Eintritt in eng geschlossenen Räumen, Schiffsräumen, Kerkern u. s. w. oder in geheizten Zimmern, in denen nicht für gehörigen Luftwechsel gesorgt ist, die traurigsten Beispiele vorliegen. Zur Unterhaltung einer normalen Respiration ist in Wohn- und Schlafzimmern die stete Erneuerung der einzuathmenden Luft durch gute Ventilationsapparate erforderlich.

All dieser Einzelnheiten haben wir hier ihres hohen praktischen Interesses halber etwas ausführlicher erwähnt. Wie oft stellt sich uns die Aufgabe, das nur zu leicht gestörte Gleichgewicht zwischen Einnahmen und Ausgaben des Organismus dadurch herzustellen, daß die letztern, und unter ihnen die in Frage stehende Kohlensäureexcretion, vermehrt werden! Wie manche Leiden beruhen auf einer zu großen Anhäufung von Kohlensäure im Organismus oder sind mit zu geringer Ausgabe derselben, vielleicht selbst in Folge eines Lungenleidens, complicirt! Wie oftmals ist der wesentliche Grund eines anhaltenden Müdigkeitsgefühls, allgemeiner Erschlaffung, mangelhafter Thatkraft in eben diesen Verhältnissen zu suchen! Aber die trefflichen Arbeiten der oben genannten Forscher lehren uns leicht, wohin wir zu greifen haben, um die retardirte Kohlensäureexcretion zu beschleunigen, um die schädlichen Folgen eines etwaigen mechanischen Hindernisses für diese Excretion abzuschwächen und zu verhindern, und eine richtige Auffassung der einzelnen Thatsachen giebt nicht nur dem Spaziergänger, wie dem Turner, dem Freunde der Seeluft, wie dem der kälteren Jahreszeit, eine theilweise Erklärung der Nutzwirkung seines Thuns und des Grundes seiner Neigung an die Hand, sie weist auch auf die dringende Noth-

wendigkeit je nach Individualität und Klima verschiedener Modificationen diätetischer Maaßnahmen in klarer und unzweideutiger Weise hin, und mahnt uns damit an deren leider! noch so vielfach vernachlässigte wissenschaftliche Begründung und Feststellung.

So findet also im höher entwickelten thierischen Organismus die aus den Metamorphosen der Nahrungsstoffe hervorgehende Kohlensäure, und mit ihr ein Theil des eingeführten oder ebenfalls im Organismus gebildeten Wassers, ihren Ausweg in den Lungen. Sie mischt sich jetzt der Atmosphäre bei, um alsbald von den Pflanzen aufgenommen zu werden, und ihren Kohlenstoffgehalt wieder zur Herstellung organischer Verbindungen und thierischer Nahrungsstoffe herzugeben. Und kaum zur Bildung dieser verwandt, wird der Kohlenstoff mit und in ihnen schon wieder vom thierischen Organismus aufgenommen; abermals bildet er mit dem inspirirten Sauerstoff Kohlensäure; abermals wird die Kohlensäure ausgeschieden; — es ruhet der Kreislauf des Stoffes nicht, jener Kreislauf, der das Bestehen unserer Thier- und Pflanzenwelt ermöglicht, selbst aber auch nur durch den Bestand dieser Welt ermöglicht wird. — Und wie die höher entwickelten thierischen Organismen, so auch die niedern. Sie alle nehmen, mit wenigen Ausnahmen, Sauerstoff auf und hauchen Kohlensäure aus. Ja es läßt sich vielleicht bald die Kohlensäureexhalation als eine für die ganze Thierwelt charakteristische Eigenschaft bezeichnen, denn mehr und mehr gelangt man zu der Ueberzeugung, daß diejenigen Fälle, in denen bisher eine Ausnahme statuirt wurde, Lebensformen betreffen, die gar nicht dem Thierreich, sondern dem Pflanzenreich zugezählt werden müssen. Und sollten nicht, wenn dem so ist, dieselben Verhältnisse der Kohlensäureexhalation, die wir so eben für den höher entwickelten thierischen Organismus andeuteten, auch für alle niedern Geltung haben? Auch in dieser Beziehung werden unsere Vermuthungen bereits durch einige sichere Thatsachen gestützt. So wissen wir, daß Thiere im Winterschlaf ausnehmend wenig Kohlensäure exhaliren, rasche Bewegung dagegen und große Regsamkeit, wie bei vielen Säugethieren, Vögeln, fliegenden Insekten u. s. w., stets auch mit quantitativ bedeutender Kohlensäureabgabe verbunden sind. Bei manchen kleinern Vögeln sind nach Regnault und Reiset die Oxydationsprocesse und also auch die

Kohlensäurebildung selbst so intensiv, daß das Gewicht des von ihnen binnen 4 Tagen aufgenommenen Sauerstoffs dem Gewichte des ganzen Thieres gleichkommt, und manche geflügelte Insekten stehen den Vögeln in dieser Beziehung wenig nach! Doch es sind diese Verhältnisse erst für eine kleine Reihe von Thieren festgestellt, und, wiewohl wir uns von ihrem Verfolge die interessantesten Aufschlüsse über die verschiedene Intensität des Lebensprocesses verschiedener Thiere versprechen dürfen, zu allgemeinern Schlußsätzen sind wir bis dahin noch nicht berechtigt. — Und noch eine zweite, schwierige Frage drängt sich uns auf. Wir deuteten oben die Reihe von Metamorphosen an, welche die Nahrungsstoffe im höher entwickelten thierischen Organismus zu durchlaufen haben, bevor sie zu der Stufe der Kohlensäure- und Wasserbildung hingelangen. Durchlaufen nun aber die Nahrungsstoffe in verschiedenen thierischen Organismen überall dieselben Reihen der Metamorphosen, oder gelangen sie vielmehr in verschiedener, hier in dieser, dort in jener Weise bis zur Kohlensäurebildung hin? — Leider können wir es uns nicht verhehlen, daß unsere Kenntniß in Betreff des Ablaufs der Stoffmetamorphosen im niedern thierischen Organismus zur Zeit noch weit unbedeutender ist, als die desselben Ablaufs im Säugethiere oder Menschen; eine bestimmte Antwort auf die gestellte Frage ist zur Zeit eine Unmöglichkeit. Die verschiedenen von verschiedenen Thieren gelieferten Nutzstoffe, die verschiedene Beschaffenheit ferner dieser und jener Gewebe und Gewebsbestandtheile weisen uns nur auf die Wahrscheinlichkeit gewisser qualitativer und quantitativer Verschiedenheiten des Stoffwechsels hin. Anders, so schließen wir mit Recht, muß der Ablauf der Stoffmetamorphosen sein in Thieren, die einen Mantel aus Cellulose oder ein Hautskelett aus sog. Chitin tragen, verschieden in denen, die ein leimgebendes Knochenskelett besitzen; anders in Thieren, die Wachs produciren, anders in denen, die Farbstoffe aller Art, verschieden in denen, die reiche Mengen von Thran, verschieden in denen, die vorzugsweise Muskelgewebe, d. h. Fleisch liefern. Aber dennoch, so mannigfach die Resultate, es sind die Verschiedenheiten im Ablauf der Stoffmetamorphosen und deren ursächlichen Momenten vielleicht geringer, als wir zur Zeit ahnen. Wie in dem Aufbau des gesammten Thierreichs und insonderheit in der allmähligen, stufenweisen Entwicklung und Ver-

vollkommnung einzelner Organe durch die ganze Thierreihe hindurch, und trotz der Verschiedenartigkeit der einzelnen Bildungstypen, ein bestimmter, gesetzmäßiger Plan nicht wohl verkannt werden kann, also werden sich vielleicht gewisse durchgreifende und gleiche Gesetze, wie für die chemische Zusammensetzung gleichartiger oder ähnlicher Formbestandtheile der verschiedenen Thierspecies, so für den Ablauf der Stoffmetamorphosen innerhalb derselben auffinden lassen, und, entsprechend dem einfachsten und zusammengesetztesten Bau der Thierformen, wird es sich später möglicherweise nur um die Darstellung einfachster und complicirtester Reihen von Stoffmetamorphosen in denselben, weniger aber um die totaler Verschiedenheiten der letzteren handeln. Die quantitative und qualitative Untersuchung der Nahrungsmittel der verschiedenen Thierformen, zusammengehalten mit der gleichen Untersuchung der Ausgaben derselben, so wie der Bestandtheile der Körpermasse, der Gewebe selbst, wird uns in dieser Beziehung Aufklärung verschaffen und ob auch ein Jahrhundert vergehen mag, ehe wir uns einer selbst nur theilweisen Lösung dieser schwierigen Aufgaben, der Aufgaben einer allgemeinen vergleichenden physiologischen Chemie, zu erfreuen haben werden, daß die Naturforschung in ihrem Verfolge eins ihrer wesentlichsten Ziele im Auge behalten muß, kann nicht zweifelhaft sein, und dankbar werden künftige Generationen des Zeitalters gedenken, in welchem, wie in dem gegenwärtigen, die ersten Bausteine zu jenem großen Werke gefertigt und gesammelt werden.

Wir bezeichneten die Kohlensäureexhalation so eben als eine fast ganz allgemeine und charakteristische Function der Thierwelt. Die Sauerstoffinhalation bildet ihr entsprechend eine gleiche allgemeine Eigenschaft derselben. Ist sie doch eben das Bedingende für die Bildung der Kohlensäure im thierischen Organismus! Keineswegs werden nun aber diese In- und Exhalationen überall durch gleiche Organe, wie wir sie oben bezeichnet haben, durch Lungen, bewerkstelligt. Je nach allgemeinem Körperbau, nach Intensität des Lebensprocesses, nach Lebensart und Aufenthaltsort u. s. w., sind die respiratorischen Apparate vielmehr sehr verschieden gestaltet, und wissen wir, daß manche niedere Thierformen ganz und gar besonderer derartiger Apparate ermangeln, daß ihnen die äußere Körperhülle zugleich als Respirationsorgan

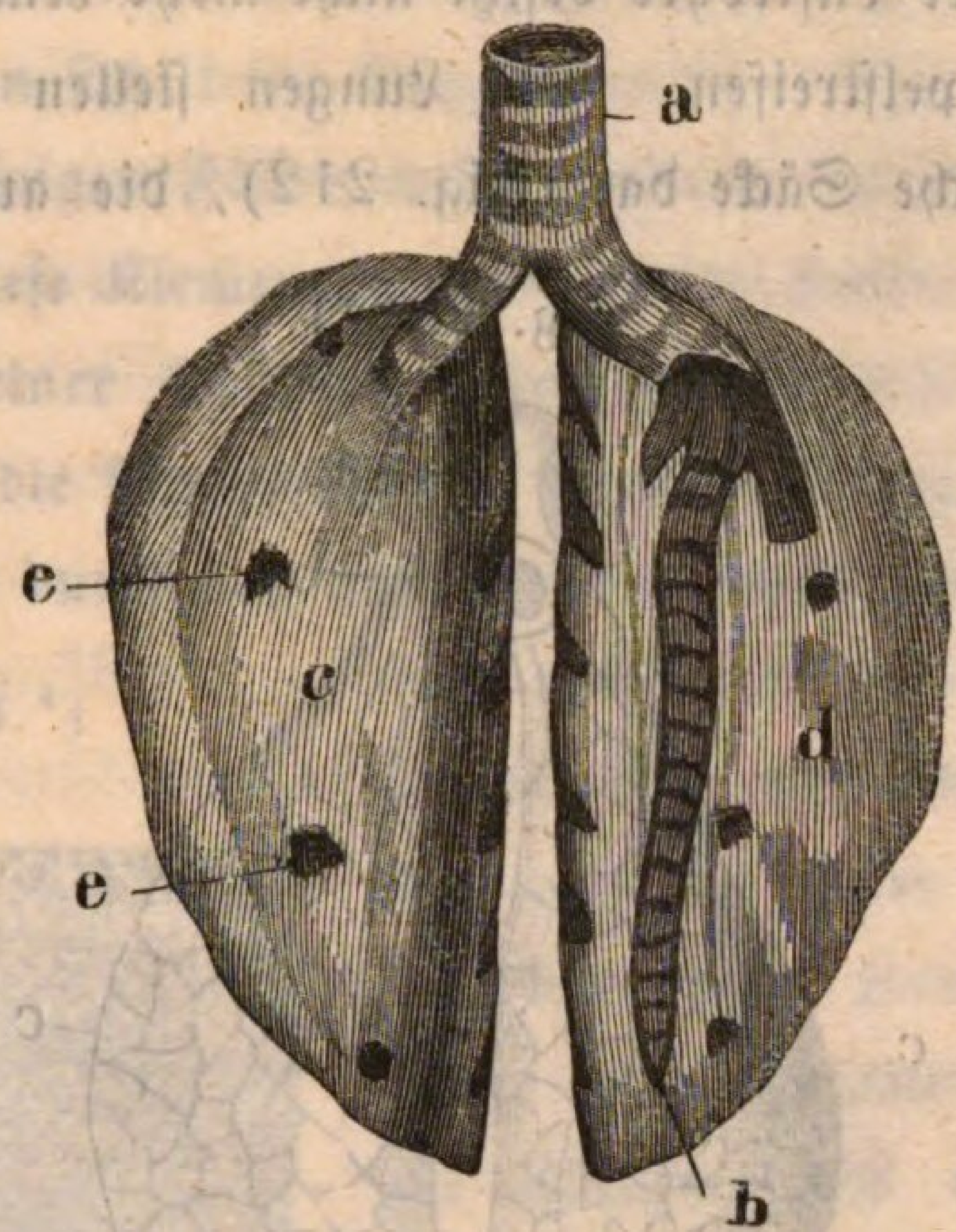
dient, so ist es auch bekannt, daß sich andere Respirationsorgane bei den luftathmenden Wirbelthieren, andre bei den im Wasser lebenden, andere bei den luftathmenden Insekten, andere bei den im Wasser lebenden Wirbellosen finden. Worin bestehen, um es in Kürze anzudeuten, diese Differenzen?

Im Allgemeinen zeigt sich zunächst eine wesentliche Verschiedenheit, je nachdem das Thier in der Luft oder im Wasser zu leben und zu athmen bestimmt ist. Dort sollte die sauerstoffreiche Luft mit dem Blute des Thieres in Contact kommen, hier das sauerstoffhaltige Wasser die Blutgefäße umspülen; dort mußte für die Fortschaffung der mit Kohlensäure geschwängerten Exspirationsluft, hier für die des ebenfalls mit Kohlensäure geschwängerten und seines Sauerstoffs zum Theil beraubten Wassers gesorgt werden. Die allgemeine Organisation des Thieres machte dabei gleichzeitig eine allgemeine Verschiedenheit erforderlich. Andere Einrichtungen waren nothwendig bei den größeren Wirbelthieren, andere bei den zum größten Theil zartgebauten Wirbellosen. Eine vierfache Verschiedenheit im allgemeinen Bau der Respirationsorgane findet sich darnach schon von selbst in der Verschiedenartigkeit der allgemeinen Bau- und Lebensverhältnisse begründet, und daß eine solche in der That existirt, bedarf hier nur der kürzesten Andeutung. Bei den luftathmenden Wirbelthieren begegnen wir überall den Lungen, bei den wasserathmenden den sog. Kiemen; bei den wasserathmenden Wirbellosen wieder finden sich neben Kiemen besondere Wassergefäße, und bei den luftathmenden Wirbellosen sind die Lungen durch sog. Luftgefäße, Luftröhren oder Tracheen, die den Organismus des Thieres durchziehen, vertreten. — Aber auch Lungen, Kiemen, Tracheen und Wassergefäße sind nicht überall gleich gebaut. Wie die allgemeinen, so erforderten auch die individuellen Bau- und Lebensverhältnisse des Thieres mannigfache Modificationen. Entwerfen wir uns auch davon noch ein flüchtiges Bild.

Die Lungen der Säugethiere gleichen durchaus den oben näher beschriebenen Lungen des Menschen; sie bieten, wie diese, das Bild einer traubenförmigen Drüse dar. Anders dagegen mit den Lungen der Vögel. Die oft beträchtlich lange und selbst gewundene Luftröhre verzweigt sich bei ihnen nicht baumförmig in immer feinere und feinere

Aeste und Zweige (Fig. 211), sie theilt sich vielmehr nur in eine An-

Fig. 211.*)



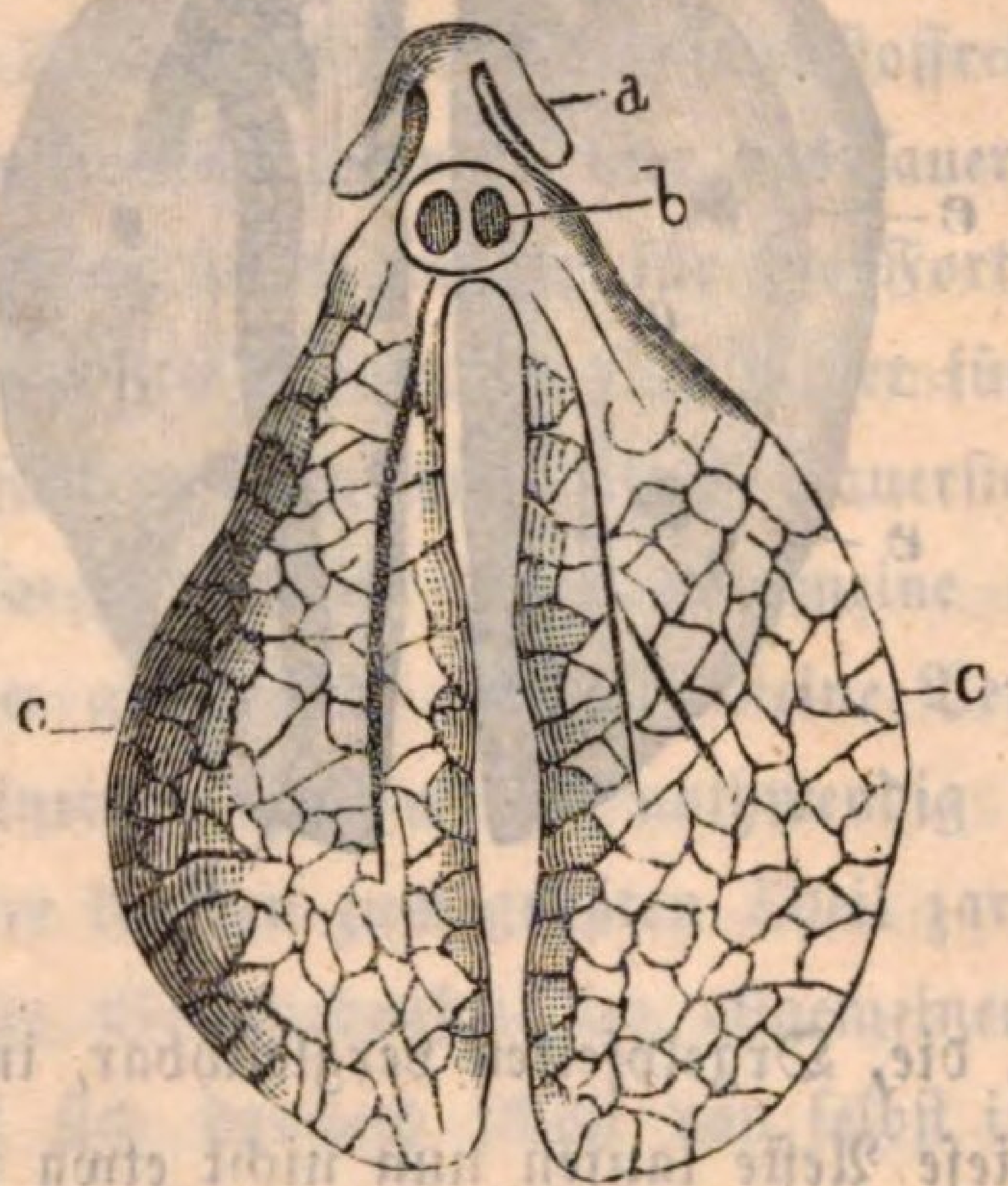
zahl größerer Aeste, die, Orgelpfeifen vergleichbar, in den Lungen angeordnet sind, und diese Aeste laufen nun nicht etwa in endständige Lungenbläschen aus, sie stehen vielmehr durch zahllose kleine Luftcanäle in offener Communication, und diesen Luftcanälen erst sitzen die eigentlichen Lungenbläschen, in denen der Gasaustausch erfolgt, auf. Es findet dabei ferner die Eigenthümlichkeit Statt, daß die Lungen auf ihrer Oberfläche Oeffnungen oder Löcher besitzen, aus welchen die Luft in viele Theile des Körpers vordringt, in die Knochen, zwischen die Muskeln, in die Unterleibshöhle u. s. w. (s. Fig. 211 e), und wurde mit dieser Einrichtung einerseits sonder Zweifel auf eine möglichst große Leichtigkeit des Vogelkörpers hingezielt, so mag, wie Bergmann bemerkt, die im Körper angesammelte Luft andrerseits auch als schlechter Wärmeleiter die Stelle des Fettes anderer Thiere vertreten. — Auch die Amphibien athmen durch Lungen. Es sind dieselben hier aber,

---

*) Vogel-Lunge. a Luftröhre. b Ein aufgeschlitzter Luftröhrenast der linken Lunge d, in dem die Oeffnungen der einmündenden kleinern Canäle sichtbar sind. c Rechte Lunge. ee Oeffnungen der Luftröhrenäste an der Oberfläche der Lunge. (Nach Milne-Edwards a. a. O. S. 274.)

bei verhältnißmäßig bedeutender Größe, weit einfacher gebaut, als bei Säugethieren und Vögeln. Den nackten Amphibien fehlt selbst der Kehlkopf, und ihre Luftröhre besitzt nicht mehr Knorpelringe, sondern nur einzelne Knorpelstreifen. Die Lungen stellen aber überall mehr oder weniger einfache Säcke dar (Fig. 212), die auf ihrer Innenfläche

Fig. 212.*)



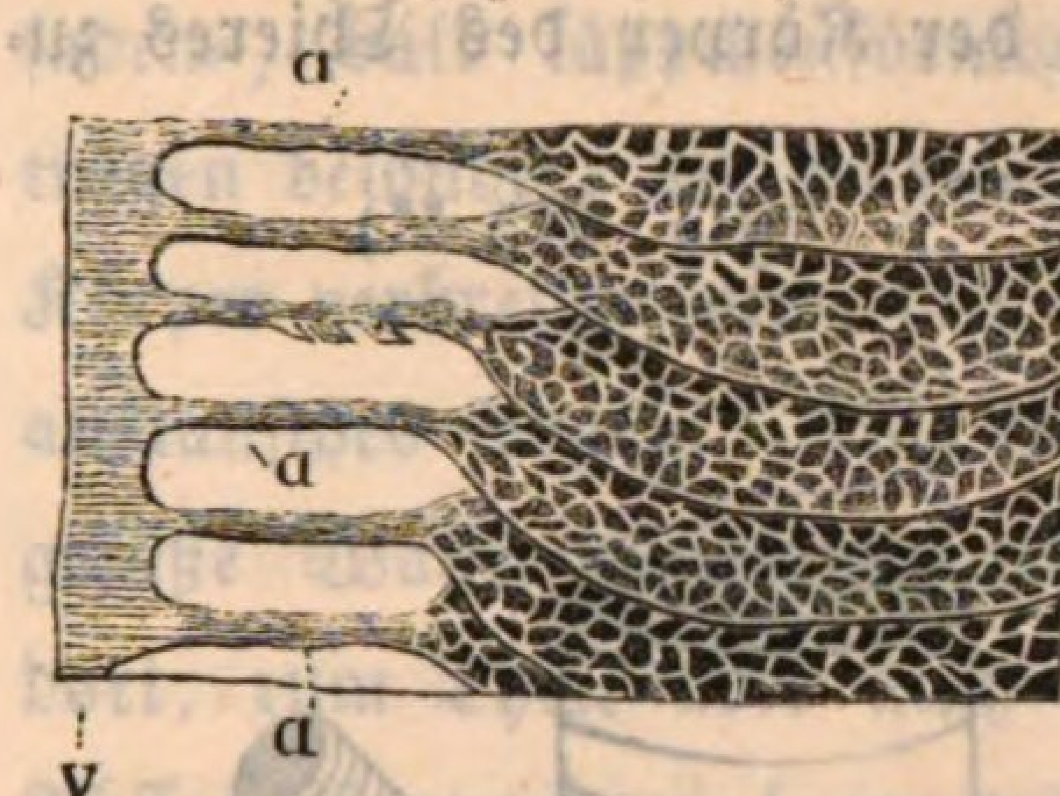
bald mehr, bald weniger vorspringende Falten besitzen, Falten, die vermöge ihres Zusammenstoßes und ihrer Verbindung zellige, gegen die Lungenhöhle hin offene Räume einschließen. Zufolge dieser Einrichtungen vermögen die Amphibien zur Zeit große Mengen von Luft in ihren Lungen zu beherbergen, und die Möglichkeit ihres längern Verweilens unter Wasser, so wie ihr überhaupt geringeres Respirationsbedürfniß findet damit seine Erklärung. Sei es jedoch beiläufig erwähnt, daß die nur im Wasser lebenden Larven der froschartigen Amphibien neben den Lungen auch Kiemen besitzen, die dann mit der weitern Entwicklung des Thieres entweder verschwinden, so daß nur die Lungen übrig bleiben, oder auch für die übrige Zeit des Lebens constant er-

---

*) Lungen des Frosches. a Zungenbein. b Knorpelringe an der Wurzel der Lunge. c Lungensäcke, mit Andeutung der Gefäßverzweigungen. (Nach **Flourens**, Mémoires d'Anatomie et de Physiologie comparée.) —

halten werden. Das erstere Verhältniß findet sich u. A. bei unsern Fröschen, das letztere bei den sog. Fischmolchen, z. B. dem Proteus, und dem in den mexicanischen Gewässern lebenden Axolotl. — Bei den **Fischen** finden sich keine Lungen mehr. Sie athmen durch Kiemen, die nur in einigen Fällen mit besondern Luftsäcken in Verbindung stehen. Es sind diese Kiemen büschel-, blatt-, kamm- oder faltenförmige Gebilde, die in einer Höhlung unmittelbar hinter dem Kopfe liegen und an denen sich die Blutgefäße in feinsten Verzweigungen verbreiten (Fig. 213). Das durch den Mund des Thieres aufgenommene Wasser tritt nun durch die innern, spaltenförmigen Kiemenöffnungen des Schlundes, die vermöge ihrer besondern Gestalt das Eindringen fremder Körper verhindern, in die Kiemenhöhle ein, bespült die Kiemen selbst und deren Blutgefäße, der Gasaustausch findet Statt, und durch die bekannten sog. äußern Kiemenspalten, denen in der Mehrzahl der Fälle ein Kiemendeckel aufliegt, fließt das mit Kohlensäure geschwängerte Wasser wieder ab. Es wird durch die letztere Einrichtung den Thieren der Kraftaufwand erspart, welcher erforderlich sein würde, wenn sie das aufgenommene Wasser eben so wieder nach vorn ausstoßen müßten, wie die Lungenathmer die eingeathmete Luft wieder ausathmen, und wie wesentlich nothwendig solche Krafterspärniß für die Bewegungsgeschwindigkeit der Fische ist, ist leicht verständlich. — Unter den **Gliederthieren** athmen die **Kruster**, mit Ausnahme der Landasseln, durch Kiemen, deren Form und Sitz hier aber die größten Verschiedenheiten darbietet. Meistens finden sie sich an der Bauch- oder Rückenfläche des Thieres angebracht, oft aber auch an den Füßen u. s. w.

Fig. 213.*)



*) Ein Stück der Oberfläche eines Kiemenblattes der Forelle mit sechs Kiemenfalten, 90mal vergrößert. — Man erblickt auf demselben das Gefäßnetz, dessen Maschen außerordentlich eng sind. Aus demselben entspringen die Venenwurzeln a a a, welche in die Kiemenvene v einmünden. (Nach **Ecker**, a. a. O. Taf. X. Fig. 14.)

Die Insekten und Spinnen athmen dagegen durch die sog. Tracheen, cylindrische Röhren, welche sich in verschiedenartiger, meist baumförmiger Verzweigung in alle Theile des Körpers hineinverbreiten und durch besondere Oeffnungen (stigmata) an der Seitenfläche des Körpers, die vermöge ihrer Form und gewimperten Ränder wieder das Eindringen fremder Körper verhüten, mit der äußern atmosphärischen Luft in Communication stehen (s. Fig. 214). Es bestehen diese Röhren aus einer äußern zellgewebigen und einer innern (Chitin-) Membran, und zwischen beiden diesen Membranen verläuft ein elastischer (ebenfalls aus Chitin bestehender) Spiralfaden, der die Membran selbst ausgedehnt erhält (Fig. 215). Zieht sich nun der Körper des Thieres zu-

Fig. 214.*)

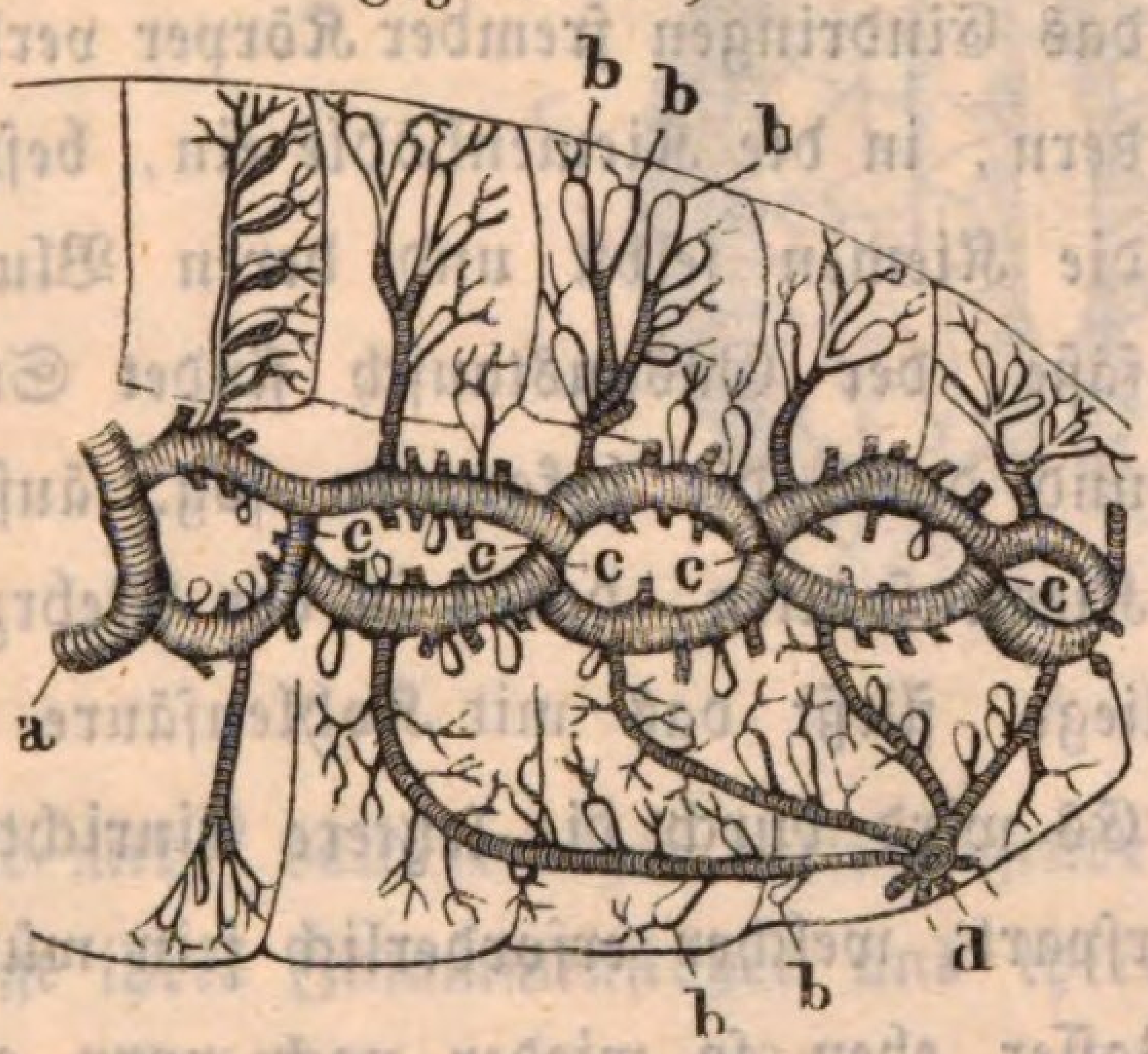


Fig. 215.**)



sammen, so werden die Tracheen comprimirt und die in ihnen enthaltene Luft muß zum Theil entweichen. Vermöge ihrer Elasticität dehnen sie sich aber alsbald wieder aus, und diese Ausdehnung hat sofort ein Eindringen der atmosphärischen Luft zur Folge. Bei den ungeflügelten Insekten bilden diese Tracheen den ganzen Respirationsapparat; bei den

---

*) Das Tracheensystem des Hinterleibes vom Maikäfer. (Nach Strauß-Dürkheim Considerations génerales sur les animaux articulés.) a Größere Tracheenstämme. b b b Kleine Luftsäcke, die mit den feinern Tracheenästen zusammenhängen. Bei c c c befinden sich an der Oberfläche des Thieres Luftöffnungen; ebenso bei d. —

**) Vergrößertes Stück eines Tracheenstammes vom Maikäfer. a Seitenast der Trachee. b Ein aufgerollter Spiralfaden.

geflügelten stehen sie aber häufig mit bläschen= oder beutelförmigen Erweiterungen, sog. Luftsäcken (s. Fig. 214, bb) in Verbindung, eine Einrichtung, welche, wie es scheint, zur Verminderung des specifischen Gewichtes der Thiere getroffen ist. Die Respirationsbewegungen dieser Thiere beschränken sich in der Regel auf den Hinterleib, dessen Ringe sich leicht zusammendrücken lassen, und ihre Zahl ist oft sehr beträchtlich, so daß 25—50 auf eine Minute fallen. Die Würmer endlich respiriren größtentheils durch die ganze Oberfläche des Körpers. Die zarte Oberhaut bildet bei ihnen das einzige Respirationsorgan. Nur bei einigen Ringelwürmern finden sich an der Oberfläche des Körpers bald faden=, bald läppchenförmige kiemenartige Apparate, und bei andern tragen besondere Wassergefäße, welche sich nach Art der Luftgefäße im Körper verbreiten und, mit Wasser erfüllt, für die Einleitung des Gasaustausches sorgen. Wie in die Tracheen Luft, so wird in die Wassergefäße Wasser aufgenommen und zum Theil in ähnlicher Weise, wie dort, zum Theil aber auch durch besondere Vorrichtungen, Wimpern, Abflußöffnungen u. s. w. wird die stete Erneuerung und Fortbewegung des Wassers vermittelt. — Unter den Weichthieren ist die Athmung durch Kiemen am weitesten verbreitet. Doch finden sich auch einzelne Arten, die auf dem Lande oder im Süßwasser leben, mit lungenartigen Apparaten, einer sog. Lungenhöhle, für eine directe Luftathmung. „Die wenigen Molluskenformen," sagt Leuckart, „welche ohne solche besondere Respirationsorgane sind, entbehren zugleich der äußern Schaale. Sie sind die sog. Nackt= oder Hautkiemer, die ihre ganze Oberfläche dem Contacte des Wassers darbieten. Die Bauchscheibe, auf der diese Thiere einherkriechen, ist allerdings nur wenig passend für einen respiratorischen Austausch. Sie ist sehr muskulös und blutarm. Indessen bleibt als respiratorisches Organ noch immer der Mantel, der auf der Rückenfläche aufsitzt und gewöhnlich mit schwingenden Cilien besetzt ist. Reicht die Fläche desselben nicht aus, so wird sie durch mancherlei Ausstülpungen vergrößert, die sich dann sehr symmetrisch über die rechte und linke Hälfte vertheilen und gewöhnlich aus büschelförmig verästelten Fäden bestehen." — Unter den Strahlthieren wird bei den Stachelhäutern und Quallen die Athmung zum größten Theil durch Wassergefäße eingeleitet und

unterhalten, während bei den Polypen die Körperoberfläche, so weit sie nicht verkalkt ist, ebensowohl als die Tentakeln den Gasaustausch zu vermitteln scheinen. Bei den Infusorien endlich dient fast durchgehends die äußere Körperhülle als Respirationsorgan. —

Auf diese wenigen Andeutungen, für deren weiteren Verfolg auch hier wieder das mehrerwähnte Werk von Bergmann und Leuckart empfohlen sei, müssen wir uns beschränken. Werfen wir jedoch, ehe wir den Gegenstand verlassen, noch einen allgemeinen Rückblick auf die gezeichneten Bauverhältnisse der Athmungsorgane, und erkennen wir, in wie auffallender Weise eben an ihnen wieder das beim Aufbau des Thierreichs befolgte Princip der Arbeitstheilung unter wenigen und immer zahlreicheren Organen hervortritt, jenes Princip, dessen Entwicklung Milne-Edwards in so trefflicher Weise gelungen ist. Bei den niedern Thieren anfangs gar kein besonderes Respirationsorgan, dann nach und nach zartere und stärker entwickelte faden- oder büschelförmige Anhänge der Körperoberfläche, die, bald an der Rücken-, bald an der Bauchfläche, bald an den Füßen angebracht, dem sie bespülenden Wasser dargeboten werden und den erforderlichen Gasaustausch unterhalten. Weiterhin wird der Gasaustausch in das Innere des Körpers verlegt. Es geht derselbe in einfachsten Fällen in dem mit Wasser erfüllten Darmcanal, der hier die Stelle der Wassergefäße vertritt, vor sich. Alsbald aber treten besondere Wassergefäße oder Luftröhren auf, die den Organismus durchziehend, den Gaswechsel zwischen Wasser oder Luft und den Gewebsflüssigkeiten einleiten. Die Respiration findet gleichsam noch in allen Theilen des Thierkörpers Statt. Aber noch einen Schritt weiter, und es treten besondere Organe, im Innern des Körpers gelegen, auf, die für die Unterhaltung des Gaswechsels Sorge tragen sollen. Der Zugang zu diesen Organen ist aber anfangs wieder kein gesonderter. Von dem Anfange des Verdauungscanales aus fließt das Wasser den Kiemen zu. Dann tritt bei den Amphibien die erste Anlage eines Luftrohres auf, und mehr und mehr von dem Verdauungsrohre getrennt, tritt uns endlich in dem Kehlkopf und der Luftröhre der ausgebildete Zugangscanal zu den zu großen und gesonderten Athmungsorganen der höchst entwickelten Wirbelthiere entgegen! Solche Betrachtungen verleihen den vergleichend-anatomischen Studien

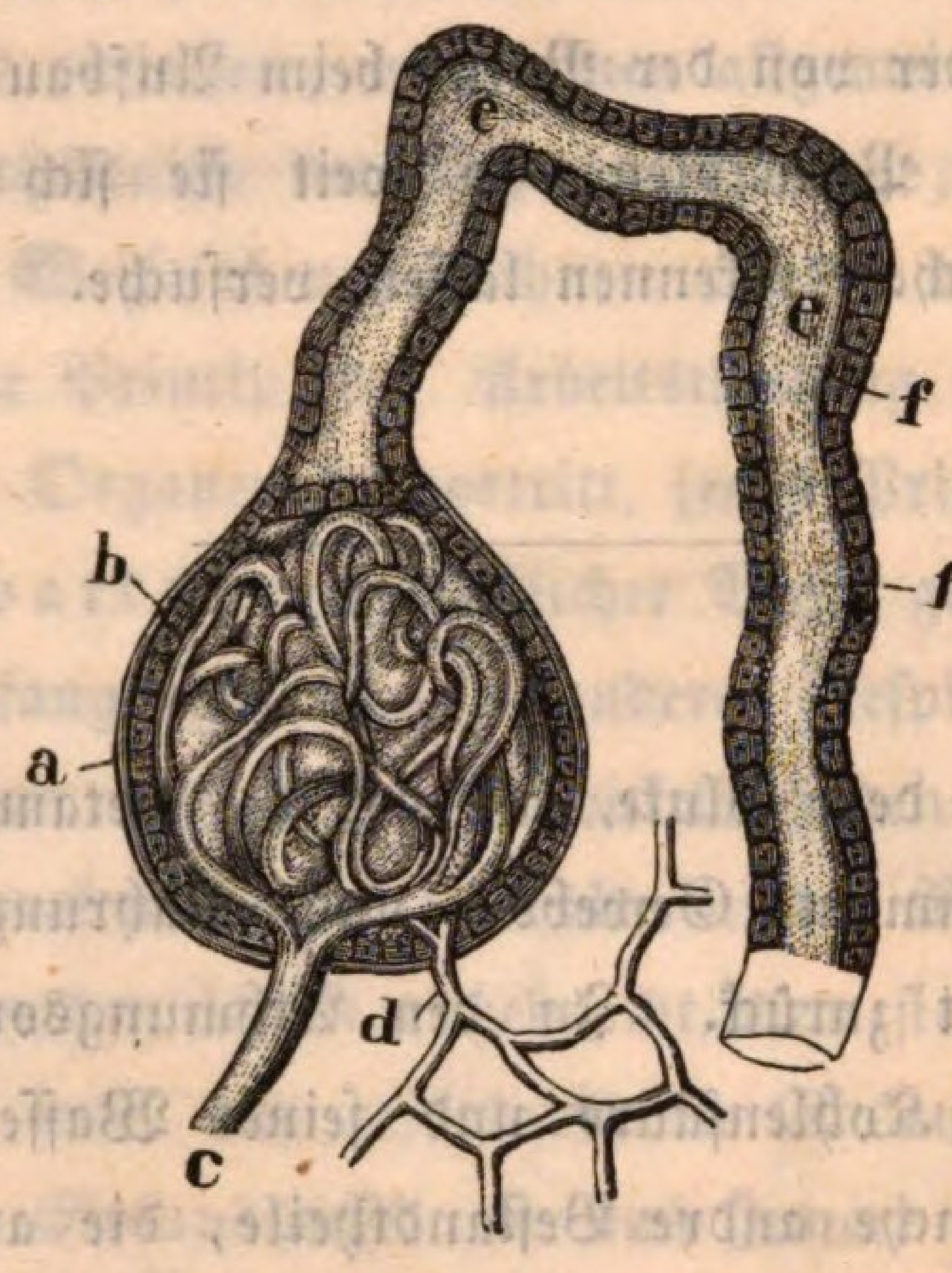
einen ungewöhnlichen Reiz. Aber man gelangt erst zu ihnen nach Durchforschung einer endlosen Anzahl individueller Bauverhältnisse, und wenn deren gründliche Kenntniß nur von dem Manne des Faches zu erwarten steht, so möge damit die gegebene Skizze als eine nur dürftige Andeutung ein nachsichtiges Urtheil finden, gleichzeitig aber auch der Wunsch ausgesprochen sein, daß eine kundige Hand sich bald, und nach dem Vorgange von Milne-Edwards, an der Entwicklung und klaren Darstellung der von der Natur beim Aufbau des Thierreichs befolgten Gesetze und Principien, so weit sie sich nach dem neuesten Stande der Wissenschaft erkennen lassen, versuche.

Wir kehren zu dem Blute, als der die metamorphosirten und zur Ausscheidung bestimmten Gewebs- und Nahrungsbestandtheile enthaltenden Flüssigkeit zurück. In den Athmungsorganen hat es sich eines Theiles seiner Kohlensäure und seines Wassers entledigt. Aber es enthält noch manche andre Bestandtheile, die ausgeschieden werden sollen und müssen. Es enthält verschiedene unorganische Verbindungen (Salze), es enthält Harnstoff, Harnsäure, Kreatin, Kreatinin und Farbstoffe, die nur in aufgelöster, in flüssiger Form aus dem Blute entfernt werden können. Die Respirationsorgane eignen sich dazu nicht. Es wenden sich die fraglichen Stoffe also andern Organen zu, suchen in diesen ihren Ausweg, und daß diese Organe die harnabsondernden Nieren, und zum Theil auch der Darmcanal sind, wurde bereits angedeutet. Entwerfen wir uns auch hier wieder zunächst ein Bild von dem Bau derselben.

Die Nieren zählen zu den drüsigen Organen. Sie kommen bei allen Wirbelthieren paarweise, zu den Seiten des Rückgrats gelegen, vor. Während sich aber bei den früher betrachteten ähnlichen Organen der höhern Wirbelthiere die Blutgefäße überall in baumförmiger Verzweigung an oder zwischen den Drüsenbläschen und Drüsenzellen verbreiteten (s. Fig. 206), verhält es sich hier anders. Es bilden die Blutgefäße in den Nieren eine bald sehr bedeutende, bald geringere Anzahl

kleiner Knäuel, die sog. Malpighi'schen Körper, und diese Knäuel umlagern nun nicht etwa die Drüsenbläschen, wie die Speicheldrüsenbläschen oder die Leberzellen von Blutgefäßen umstrickt wurden, sie liegen vielmehr innerhalb der Bläschen und sind von diesen, wie von Kapseln umgeben (Fig. 216). Die Bläschen selbst sind aber dennoch

Fig. 216. *)



auch hier von Drüsenzellen ausgekleidet, und stellen wir uns das Gefäßknäuel innerhalb des Bläschens liegend, vor, so ist es also zunächst von einer Drüsenzellenschicht umgeben, welche selbst wieder von dem eigentlichen Bläschen, in Form einer Kapsel, umkleidet wird. Die Kapsel selbst läuft nun in ein Canälchen, ähnlich wie das Bläschen der Speicheldrüsen, aus, und auch die Innenwand dieses Canälchens ist von Drüsenzellen ausgekleidet (s. Fig. 216 e f). Die sämmtlichen Canälchen treten dann aber nicht, wie dort, zu stärkeren und starken

*) Ein Malpighi'sches Körperchen mit dem davon entspringenden Harncanälchen. Halb schematisch. a Kapsel des Malpigh. Körperchens. b Drüsenzellenschicht (Epithel). c Das in die Kapsel eindringende Arterienästchen, welches nach vielfachen Windungen als Venenästchen d wieder heraustritt. Dieses bildet dann ein Capillarnetz. e Harncanälchen, f dessen innen mit Epithelialzellen besetzte Wandung, 300mal vergrößert. (Nach Kölliker a. a. O. 2. Bd. 2 Abth.)

Stämmen und schließlich zu einem gemeinschaftlichen Ausführungsgange zusammen, es verläuft vielmehr jedes Canälchen in mehr oder weniger geschlängeltem Laufe, und mit einer gewissen Anzahl benachbarter zu einem Bündel vereinigt, zunächst eine Strecke lang für sich isolirt fort, und erst dann treten in jedem solcher Bündel mehre einzelne zu je einem Canal, von wenig größerem Durchmesser, zusammen. Die Anzahl der Canälchen eines jeden Bündels nimmt demzufolge nach innen zu ab; aber auch die wenigen bleiben immer noch eng verbunden, und die Folge davon ist, daß das Bündel die Gestalt einer Pyramide darbietet (Fig. 217). Die Gefäßknäuel und deren Kapseln bilden dabei in der Regel den oberflächlichsten Theil des Organes, die sog. Rindensubstanz; ihr folgen nach innen die Canälchen-Pyramiden, und von den wieder nach innen gerichteten Spitzen (Papillen) dieser tröpfelt nun die in die einzelnen Canälchen hinein abgesonderte Flüssigkeit in das gemeinschaftliche sog. Nierenbecken, um von da aus in den sog. Harnleiter (Fig. 218),

Fig. 217.*)

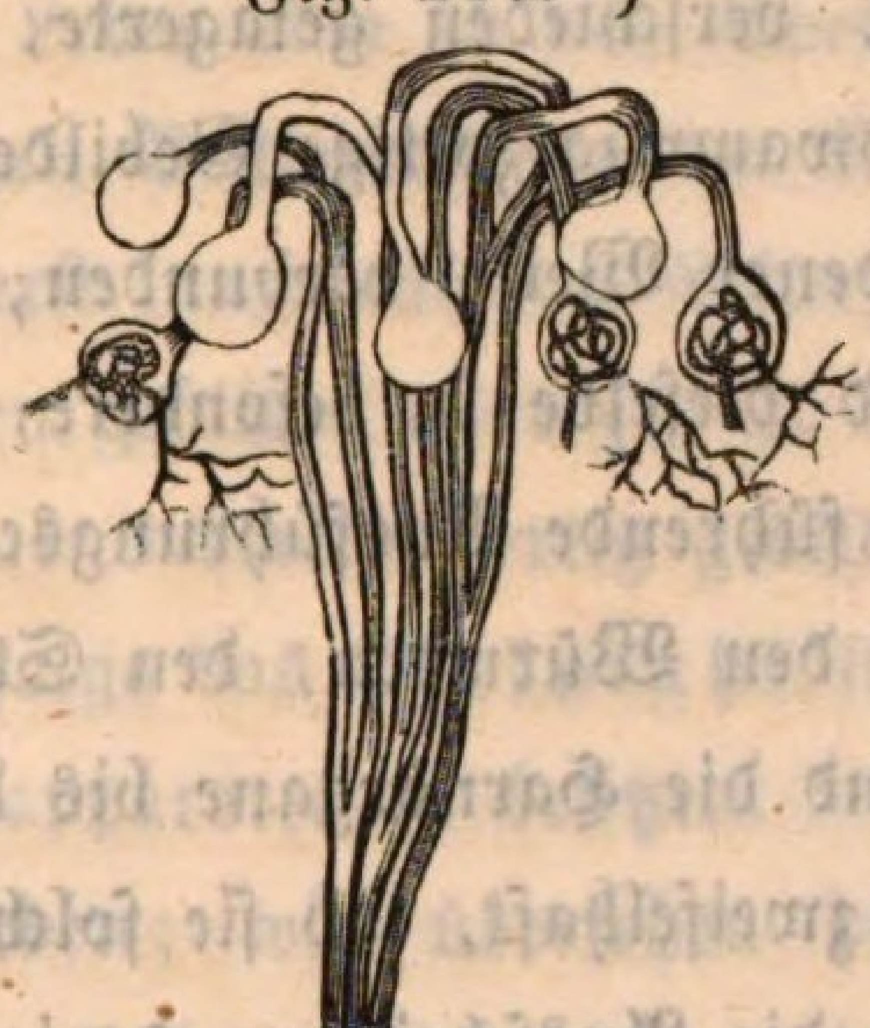
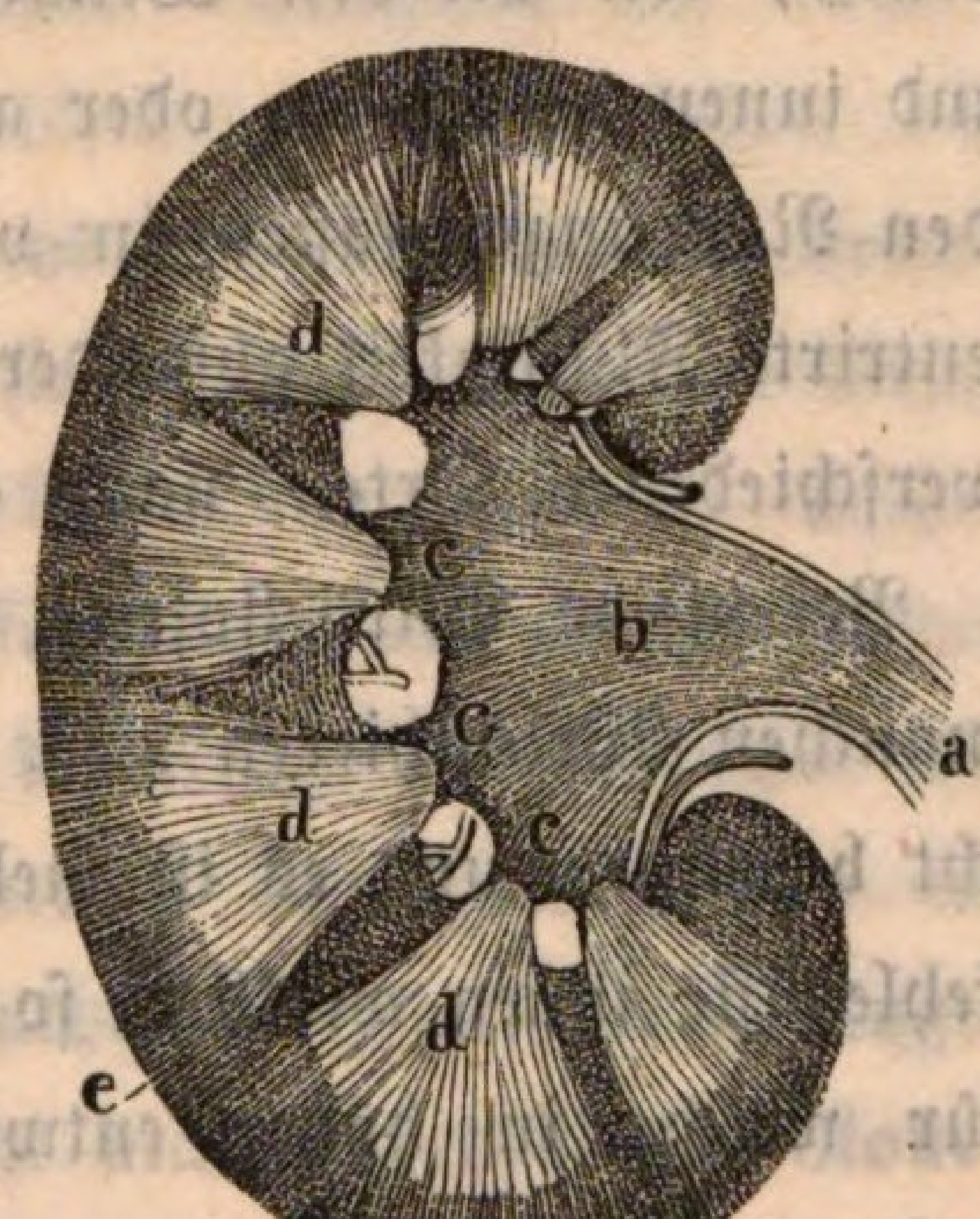


Fig. 218.**)



*) Schematische Darstellung der Zusammenlagerung und Communication der Harncanälchen mit den Malpighi'schen Körperchen und Kapseln, von denen sie ausgehen. Einige Kapseln sind leer dargestellt, einige mit dem Gefäßknäuel. —

**) Ein Längsschnitt aus der Mitte der Niere eines Kindes. a Harnleiter. b Nierenbecken. c c c Die Papillen oder Spitzen der Canälchen-Pyramiden d d d. Diese sind durch Gewebe, in welches Blutgefäße ein-

und so endlich entweder auf gesonderten Wegen, oder, zunächst dem untern Theile des Darmcanals übergeben, mit dem Inhalte dieses aus dem Organismus hinaus zu gelangen. Mit Hülfe der beigefügten Abbildungen wird man sich von diesen Verhältnissen leicht eine Vorstellung verschaffen können, und ähnlich wie hier gezeichnet, verhält es sich bei allen Wirbelthieren. Zwar variiren die Nieren derselben in Form und Größe mannigfach; die bezeichneten Pyramiden und die ihnen zugehörigen Gefäßknäuel sind bald fest und eng verbunden, bald in einzelne Lappen getrennt. Doch es können uns diese Verhältnisse hier weniger interessiren. Bei den Wirbellosen verhält es sich dagegen anders. Bei einer großen Anzahl von ihnen, insonderheit den Insekten und Weichthieren, hat man unzweifelhafte harnabsondernde Organe entdeckt. Es bestehen dieselben hier aber entweder, wie bei den Insekten, aus längern, vielfach gewundenen, fadenförmigen Canälen, die in der Nähe des Darmcanals gelegen und mit diesem in Communication stehend, in ihn hinein ihr Absonderungsprodukt entleeren; *) oder sie stellen, wie bei den Weichthieren, verschieden gelagerte, sackförmige und innen gefächerte, oder auch schwammig-zottige Gebilde dar, die mit den Nahrungsgefäßen in verschiedener Weise verbunden, eine sehr concentrirte Flüssigkeit absondern, und dieselbe in besondere, aber an sehr verschiedenen Orten nach außen führende Ausführungscanäle ergießen. Bei vielen Wirbellosen, so bei den Würmern, den Strahlthieren, manchen Weichthieren u. s. w., sind die Harnorgane bis dahin jedoch nicht bekannt, und es ist mehr als zweifelhaft, ob sie solche besitzen. Fehlen sie ihnen wirklich, so würde die Ausscheidung derjenigen Stoffe, für welche in höher entwickelten Thieren die Nieren Sorge tragen, andern Organen übertragen sein müssen, ähnlich, wie die der Kohlensäure bei niedersten Thieren der Haut obliegt. Doch wir haben weder eine Ahnung davon, welches etwa diese Organe sind, noch wissen wir, ob in den niedern auch dieselben Endprodukte aus der Metamor-

---

dringen und zum Theil auch Malpighi'sche Gefäßknäuel liegen, getrennt. e Die Rindensubstanz. (Nach Kölliker a. a. O. 2. Bd. 2 Abth.)

*) Vgl. Fig. 176, f. S. 209.

phose der Nahrungsmittel hervorgehen, welche bei höhern in dem Harn aufgefunden werden.

In den Wirbelthieren gelangt nun das ständig circulirende Blut in die nach ihrem Entdecker sog. Malpighi'schen Gefäßknäuel hinein. Die eigenthümliche Anordnung derselben bedingt eine bedeutende Verlangsamung der Strömung, ein relativ langes Verweilen des Blutes auf einem minimalen Distrikt. Es treten, und zum Theil sicher in Folge davon, Stoffe aus dem Blute heraus, die in andern Organen mit andern Blutgefäßanordnungen keinen Ausweg finden. Diese Stoffe müssen aber jetzt durch die oben bezeichneten Drüsenzellen hindurch, und nachdem sie dieselben durchsetzt haben, stellen sie, in den Harncanälchen angelangt, die als Harn bekannte Flüssigkeit dar, welche nun, wie erwähnt, aus den Harnkanälen in das Nierenbecken, von da in die Harnleiter, und so weiter aus dem Organismus hinausgelangt. Es will scheinen, als wenn die Drüsenzellen hier weniger Antheil nehmen an der Herstellung des Drüsensecretes, als in andern Drüsen, wie z. B. in der Leber oder in den Speicheldrüsen. Während sich von den organischen Bestandtheilen der Galle nichts im Blute findet, diese vielmehr erst innerhalb der Leberzellen aus den vom Blute gelieferten Materialien gebildet wird (s. S. 278), finden sich sämmtliche Bestandtheile des Harns bereits fertig gebildet im Blute vor, und es erscheint uns demzufolge das Malpighi'sche Gefäßknäuel nur die Bedeutung eines Filtrirapparates zu besitzen. Allein die Frage ist bis dahin keineswegs entschieden; wir übersehen die Function der Drüsenzellen in diesem Falle noch durchaus nicht; wir vermuthen nur, auf die Analogie andrer Drüsen gestützt, daß sie dennoch eine nicht unbedeutende Rolle spielen, und vorläufig muß wenigstens, abgesehen von anderen, die Möglichkeit zugegeben werden, daß neben den eigentlichen Harnbestandtheilen zunächst auch andre Blutbestandtheile aus den Gefäßknäueln heraustreten, die letzteren dann aber nicht, gleich jenen, von den bezeichneten Drüsen- oder Epithelialzellen durchgelassen werden, vielmehr in das Blutgefäßsystem, in das Gefäßknäuel selbst zurückzukehren genöthigt sind, auf eben diesem Wege aber gleichzeitig gewissen, noch unbekannten Metamorphosen unterliegen.

Und aus welchen Bestandtheilen ist der Harn selbst

zusammengesetzt? — Wir wissen es mit Bestimmtheit, daß, bei den höhern Wirbelthieren wenigstens, der Stickstoff der Nahrungsmittel, mit wenigen Atomen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu Harnstoff verbunden, zum größten Theil den Organismus mit dem Harn verläßt. Es ist dieser Harnstoff, das Endprodukt der Metamorphosen der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe, in dem Wasser des Harns aufgelöst, und in einer täglichen Menge von etwa 30—35 Grm. wird er von einem erwachsenen Manne von etwa 140 Pfd. Körpergewicht ausgeschieden. Aber er ist nicht das einzige Endprodukt der bezeichneten Metamorphose. Auch das früher erwähnte Kreatin und eine organische Säure, die sog. Harnsäure, gehen aus den stickstoffhaltigen Nahrungsstoffen hervor und in den Nieren werden sie aus dem Blute ausgeschieden. Ihre Menge ist jedoch unter normalen Verhältnissen bei Menschen und Säugethieren verschwindend klein gegen die des Harnstoffs und nur krankhafte Zustände sind mit vermehrter Ausscheidung derselben verbunden, Zustände, in welchen die Harnsäure dann oft in Crystallform im Harn aufgefunden werden kann. — Doch der Harn enthält nicht nur diese organischen, stickstoffhaltigen Verbindungen. Abgesehen von den auch hier noch wenig näher bestimmten, sog. Extractivstoffen und den eigenthümlichen Farbstoffen, enthält er in Auflösung verschiedene unorganische Verbindungen, unter denen das phosphorsaure Kali, das phosphorsaure Natron, das Kochsalz, der phosphorsaure Kalk, die phosphorsaure Magnesia und schwefelsaure Salze neben Spuren von Eisen, die Hauptrolle spielen. Wir wissen, woher diese Verbindungen stammen, an welcher Gebilde und Flüssigkeiten Zusammensetzung sie sich im Organismus betheiligten. Sie waren constituirende Bestandtheile des Muskelgewebes, der Nervenmasse, der Knochen, der Blutkörperchen, des Blutserums u. s. w. Aber mit dem Zerfall der Gewebe treten sie aus dem Nexus mit ihnen heraus und gleich den stickstoffhaltigen und stickstofffreien Produkten jener verlassen sie den Organismus, um durch neue Zufuhren ersetzt zu werden. Wie die in den Athmungsorganen exhalirte Kohlensäure der atmosphärischen Luft, so fließen sie jetzt neben den übrigen Bestandtheilen dem Erdboden zu, und wenn wir bedenken, daß sie von dort aus wieder sämmtlich als wesentliche Vermittler der Bildungsprocesse der Pflanzen in dieselben über-

zugehen bestimmt sind, daß ein Boden ohne eine hinreichende Menge von phosphorsauren Salzen nie und nimmer ein fruchtbarer sein kann, so dürfen wir es nur um so mehr beklagen, daß in Folge unserer oftmals mangelhaften städtischen und landwirthschaftlichen Einrichtungen mit ihrem Verlust und ihrer Geringschätzung so mancher Erwerb verloren geht, und der große Naturhaushalt Störungen erfährt, die wir in theurer Zeit und im Nothstande hart empfinden.*) Und auch der Harnstoff betheiligt sich, dem Boden zurückgegeben, von Neuem an der Bildung der Pflanze. Er zerfällt alsbald unter dem Einfluß der Luft in kohlensaures Ammoniak, und dieses, von den Wurzelzellen der Pflanze aufgenommen, liefert ihr den Stickstoff, den sie zur Bildung von Kleber, Pflanzeneiweiß u. s. w. bedarf. Ohne eine gewisse Menge von Ammoniak im Boden kann sich kein stickstoffhaltiger Pflanzentheil entwickeln, — und die Aufgaben der Landwirthschaft können also auch in dieser Beziehung nicht zweifelhaft sein. — Sehen wir aber so nicht auch hier wieder den Kreislauf geschlossen? — Was Bestandtheil der Pflanze war, wird Gewebs- oder Blutbestandtheil des Thieres, was Gewebs- und Blutbestandtheil des Thieres war, zerfällt zum Theil zu Harnstoff und weiterhin zu kohlensaurem Ammoniak und zu einzelnen unorganischen Bestandtheilen; die Pflanze nimmt all diese Bestandtheile aus dem Erdboden wieder auf, und eine neue Erndte ersteht aus den Produkten des Zerfalls der Gewebs- und Blutbestandtheile des thierischen Organismus.

Ueber die Zusammensetzung des Harns der Thiere ist uns, mit Ausnahme der Säugethiere, zur Zeit nur noch wenig bekannt. Zwar leidet es keinen Zweifel, daß überall, wo Nieren und nierenartige Organe existiren, die stickstoffhaltigen Endprodukte der Metamorphosen der Gewebs- und Blutbestandtheile in ihnen ausgeschieden werden. Allein

*) Sollte nicht bald die Zeit kommen, wo, in richtiger Erkenntniß des die gesunde Existenz der Organismen bedingenden ungestörten Kreislaufs des Stoffes, Sorge dafür getragen wird, daß die menschlichen und thierischen Auswurfsstoffe in Städten durch geeignete Röhrenanlagen gesammelt, zunächst zu festen, nicht flüchtigen Düngermassen verwandelt, und so endlich den fruchttragenden Feldern wieder zugeführt werden? —

welches diese Endprodukte sind, in welcher verschiedenen Quantität dieselben ausgeschieden werden, ist bis dahin erst für eine kleine Reihe von Thieren festgestellt, für manche kleinere Thierformen aber auch kaum näher zu bestimmen. Es gilt hier dasselbe, was wir oben in Betreff des Desiderates einer allgemeinen physiologischen Chemie bemerkten. — In Betreff der Säugethiere wissen wir, daß der Harn der Pflanzenfresser verschieden ist von dem der Fleischfresser. Jener ist stets trübe und hat (in Folge der in den Pflanzen enthaltenen pflanzensauren Salze)*) stets eine alkalische Reaction; er enthält keine Harnsäure, wohl aber eine andere, aus der in manchen Früchten enthaltenen Benzoësäure hervorgehende Säure, die Hippursäure; er ist ferner reich an kohlensauren, aber arm an phosphorsauren Salzen. Der Harn der Fleischfresser nähert sich dagegen sehr dem des Menschen. Er enthält neben Harnstoff Harnsäure und reichliche Mengen phosphorsaurer Salze. — Der Harn der Vögel besteht fast nur aus Harnsäure, welche meistens mit Kali oder Natron ein harnsaures Salz bildet, etwas Harnstoff und phosphorsauren Salzen, eine Mischung, welche die wesentlichsten Bestandtheile des so vielfältig als Düngmittel gebrauchten Guano bildet. Ganz ähnlich ist die Zusammensetzung des Harns der Schlangen, und ähnlich die anderer Amphibien. Bei den Fröschen sowohl als Schildkröten ist auch Harnstoff aufgefunden. In den Excrementen der Insekten endlich findet sich Harnsäure und bei manchen Gliederthieren (Spinnen, einigen Krustern) das stickstoffhaltige sog. Guanin. Doch es sind das Alles nur noch einzelne Bruchstücke, deren weitere Ausführung durch Einsammlung von Thatsachen, deren Verbindung und physiologische Würdigung der Zukunft vorbehalten bleibt. —

Fragen wir schließlich wieder nach denjenigen Momenten, welche vermindernd oder vermehrend auf die Ausgabe der einzelnen Harnbestandtheile oder des Harns überhaupt influiren, so haben wir bei höhern Wirbelthieren und beim Menschen bereits eine Reihe solcher Umstände kennen gelernt, und die Kenntniß dieser Umstände weist uns nicht nur mit unzweifelhafter Gewißheit auf den Ursprung der einzelnen Bestandtheile im

---

*) Vgl. S. 319.

Organismus hin; sie giebt uns auch Mittel und Wege an die Hand, um den Organismus unter Umständen von diesen oder jenen Bestandtheilen zu befreien, ihm diese oder jene Stoffe zu entziehen. Die Menge des Harnstoffs sehen wir allemal vermehrt nach reichlichem Genuß stickstoffreicher Nahrungsmittel, also nach Fleisch, Eiern, Milch u. s. w., vermindert dagegen bei der vegetabilischen Kost, deren Stickstoffgehalt an und für sich geringer ist, als der gleiche Gehalt jener. Muskelbewegung vermehrt die Ausgabe stickstoffhaltiger Harnbestandtheile, sie führt also einen vermehrten Umsatz der Körperbestandtheile herbei, und nicht minder erscheinen nach körperlichen Anstrengungen die schwefelsauren, zum Theil auch die phosphorsauren Salze im Harn in vermehrter Quantität. Der gehobene Appetit nach solchen Anstrengungen findet darin seine Erklärung. Eine durchaus gleiche Wirkung haben aber — und es ist das für die Praxis von erheblichster Wichtigkeit — Excitationen des Nervensystems. Ein erhebender Kunstgenuß, eine große Freude, ein lebendiges Wirken in Kunst und Wissenschaft, sie bedingen eben so, wie die vermehrte Körperanstrengung, einen vermehrten Umsatz der Gewebs- und Blutbestandtheile, und der Harn ist demzufolge nach ihnen reich an Harnstoff, an schwefelsauren und phosphorsauren Salzen. Der deprimirte Gemüthszustand, der schwächliche Zustand wirkt dagegen in entgegengesetzter Weise. Er hindert oder verzögert den Zerfall der Gewebs- und Blutbestandtheile, hindert damit die Excretion von Harnstoff u. s. w., und begehen Individuen, die an solchen Zuständen leiden, den so oft vorkommenden Fehler eines zu reichlichen Genusses sog. kräftiger Nahrungsmittel, so erreichen sie damit nicht etwa ihre gute Absicht, ihren Organismus zu stärken, sie legen vielmehr den Grund zu weiteren Erkrankungen. Ihr Organismus ist unfähig, größere Mengen von Nahrungsstoffen zu verarbeiten, und es genesen solche Individuen nur bei dem Genusse kleiner Quantitäten sog. nahrhafter Nahrungsmittel neben strenger Resignation auf jede anstrengende Thätigkeit, eine Resignation, die oftmals freilich den Anforderungen des praktischen Lebens gegenüber schwer genug fällt, dennoch aber geübt sein muß, falls nicht immer neue Störungen der Gesundheit das Leben verbittern sollen. Das geringe noch vorhandene Capital geht ohne sie verloren und der baldige gänzliche Banquerott bleibt nicht aus. —

Neben diesen in Kürze angedeuteten diätetischen und hygieinischen Maaßnahmen besitzen wir endlich auch eine Menge von Arzneimitteln, welche den Stoffumsatz im Organismus zu beschleunigen oder zu retardiren, weiterhin also auch die Quantität der ausgeschiedenen Harnbestandtheile zu vermehren oder zu vermindern vermögen; ja, genau genommen, bleibt kein Arzneimittel in dieser Beziehung ohne Wirkung, da es in ein oder andrer Weise allemal in die Lebensvorgänge eingreift, und ein solcher Eingriff auch jedesmal modificirend auf die Vorgänge des Stoffwechsels einwirken muß. Es erfolgt die Wirkung dieser Arzneimittel entweder in der Weise, daß sie direct den Zerfall der Gewebs- oder Blutbestandtheile beschleunigen oder verzögern, oder zunächst das Nervensystem in Anspruch nehmen, um von ihm aus auf die vegetativen Lebensvorgänge zu influiren. Die umsichtige Handhabung dieser Mittel giebt dem Arzt mächtige Waffen gegen manche Krankheitszustände in die Hand, und mit ihnen bewegt er sich auf dem Boden einer sichern und einzig gerechtfertigten rationellen Heilkunde. Schon die Verordnung des reichlichen Wassergenusses, — wenn wir solchen hierher zählen wollen — hat ihre bestimmten Wirkungen; es vermehrt dieser Genuß den Stoffumsatz. Wollen wir aber eine Andeutung über die Wirksamkeit von Arzneimitteln hinzufügen, so sei es in Kürze erwähnt, daß die Mehrzahl der salinischen Arzneimittel, und insonderheit die Alkalien und alkalischen Wässer beschleunigend, die mineralischen Säuren dagegen, ganz entsprechend dem natürlichen Gegensatz der Mittel selbst, retardirend auf den Stoffwechsel einwirken; daß andrerseits das Nervensystem excitirende Arzneimittel wieder den ersteren, deprimirende den letztern Effekt hervorbringen. Das volle Glas Wein bei guter Mahlzeit findet in diesen Verhältnissen seine rationelle Empfehlung, und die schon mannigfach leider in Vergessenheit gerathenen Arzneimittel älterer Aerzte, die nach deren damaligen dunklen Vorstellungen die „Lebenskraft anfachten,“ müssen wieder in ihr volles, altes und wohlbegründetes Recht eingesetzt werden.

Neben den Nieren haben wir oben den Darmcanal als Abzugscanal metamorphosirter Gewebs- und Blutbestandtheile bezeichnet. Er verdient diese Bezeichnung jenem gegenüber jedoch nur in sehr untergeordneter Weise. Seine wesentliche Aufgabe besteht sonder Zweifel, wie

schon früher erwähnt, nur in der Entfernung der unverdauten Speisereste und eines kleinen Mengentheils der Galle, der im Darmcanal nicht zur Aufsaugung gelangte. Doch es ist keineswegs unberücksichtigt zu lassen, daß diesen Stoffen stets gewisse unorganische Bestandtheile, insonderheit Chloralkalien und phosphorsaure Erdsalze, beigemischt sind, die zum Theil ebenfalls von den Nahrungsmitteln herstammen, zum Theil aber auch vom Blute aus in den Darmcanal hinein abgesondert werden. Es findet ferner, ohne Frage auch ähnlich wie bei der äußern Körperhaut, eine ständige Abschuppung, eine ständige Abstoßung der oberflächlichsten Zellenlagen der Darmschleimhaut statt, und auch diese Abwürfe sowohl, als das schleimige Secret der Darmschleimhaut, ist den Auswurfsstoffen ebenfalls beigemischt. Was aber auch auf diesem Wege den Organismus verläßt, der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt geht es alsbald in Verwesung über und dem Ackerboden als Dünger zugeführt, füllt es denselben nicht minder mit Nahrungsstoffen der Vegetabilien, als das Absonderungsprodukt der Nieren. Das aus der Verwesung hervorgehende kohlensaure Ammoniak, die Kohlensäure, die schwefelsauren Salze, zu deren Bildung der in dem Taurin der Galle enthaltene Schwefel Veranlassung giebt, die phosphorsauren Salze endlich, sie alle betheiligen sich an dem Aufbau der wieder zur Nahrung des Thieres bestimmten Pflanze.

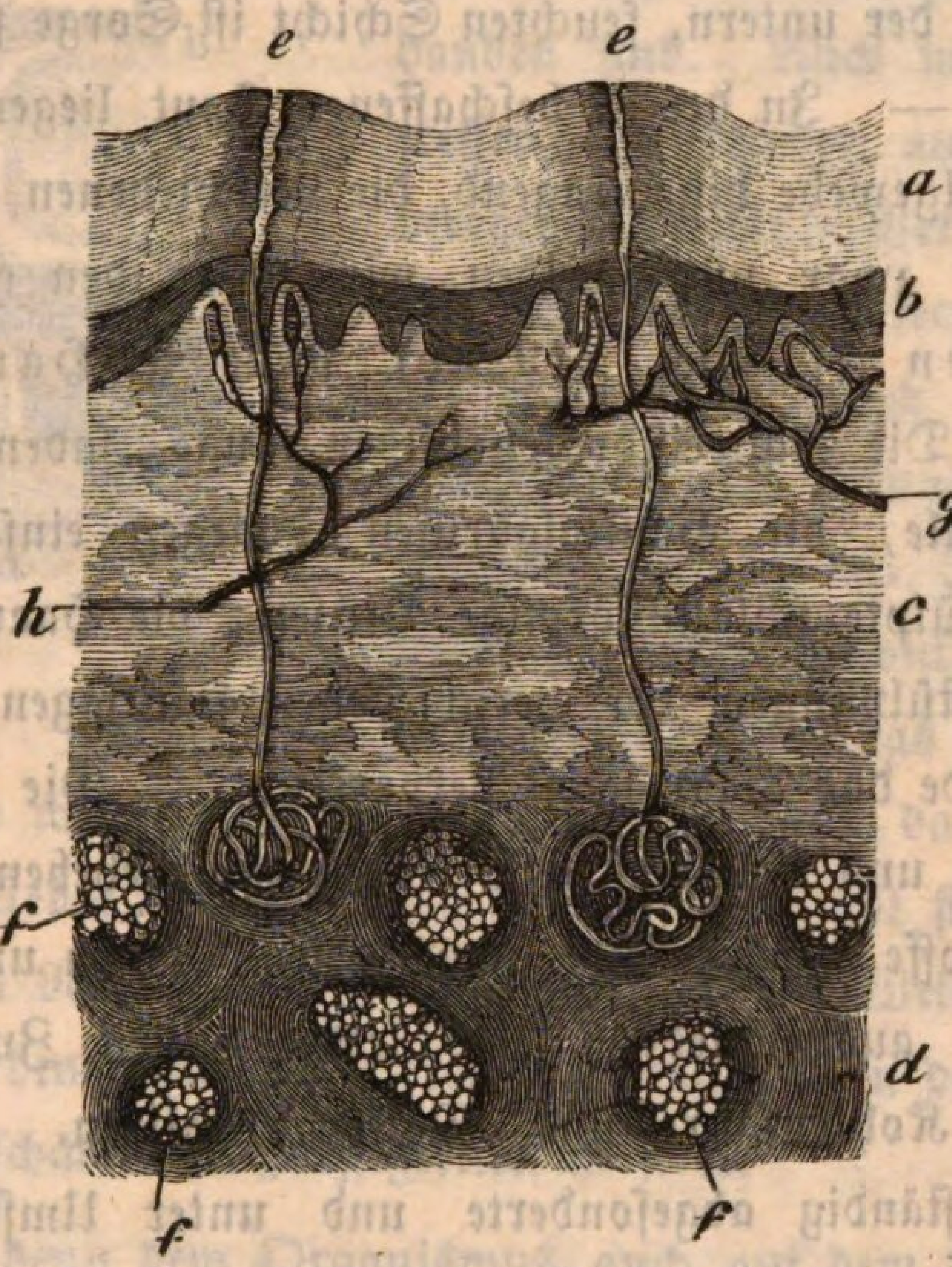
Und nochmals kehren wir zu dem Blute als dem Träger der zu Auswurfsstoffen metamorphosirten Gewebs- und Nahrungsbestandtheile zurück. In den Lungen entwich schon ein beträchtlicher Theil derselben; den Nieren und dem Darmcanal liegt die Ausscheidung einer andern Reihe von Stoffen ob. Aber es bleibt unserer Betrachtung noch ein dritter Ausweg übrig. Auch die äußere Haut des thierischen Organismus ist zur Ausscheidung gewisser Auswurfsstoffe bestimmt, und zwar sind es theils besondere in ihr gebettete Drüsen, theils die sie zusammensetzenden Zellen selbst, welchen diese Ausscheidung

obliegt. In gewisser Beziehung gleicht die äußere Haut den Athmungsorganen. Sie haucht gasförmige Stoffe, und zwar Kohlensäure und Wasser, aus. Allein auch tropfbar-flüssig kommt unter Umständen das Wasser aus den in ihr gebetteten Drüsen zum Vorschein, und eine Anzahl unorganischer und organischer Stoffe mischt sich in bald größerer, bald geringerer Menge diesem Wasser bei. Man dürfte die Frage aufwerfen, ob denn Athmungsorgane und Nieren bei Thieren, die mit diesen Organen überhaupt ausgerüstet sind, zum Auswurf jener Stoffe nicht genügten? Allein es will scheinen, daß die von den Athmungsorganen gebotene Verdunstungsfläche noch nicht groß genug war, um den Anforderungen des Organismus zu genügen, daß die Quantitäten zu eliminirender Kohlensäure und Wassers zu bedeutend sind, als daß ihnen Athmungsorgane und Nieren hinreichende Auswege gestatteten. Auf alle Fälle scheint aber die Natur mit der Hautausdünstung und mit den in der Haut gelegenen Drüsen noch andere, besondere Zwecke verfolgt zu haben, und erstrecken sich diese einmal auf die Regulirung der Wärmeökonomie, so betreffen sie andrerseits die Bildung und Absonderung besonderer Stoffe, die der Oberfläche des Thierkörpers bald zum Schutze gegen äußere Agentien, bald vielleicht vermöge ihres Geruches zur Kenntlichmachung des Thieres für seine Verwandten dienen sollten, bald wieder sich als Nutzstoffe darstellen, bald für die ganze Lebensweise oder Erhaltung des Thieres erforderlich waren.

Es kann und soll hier nun nicht unsre Aufgabe sein, den Bau der äußern Bedeckungen in seiner wunderbaren Mannigfaltigkeit durch die ganze Thierreihe hindurch zu verfolgen. Selbst die Darstellung all der verschiedenen in der Haut gelegenen Drüsen verschiedener Thiere würde uns zu weit auf das Gebiet der vergleichenden Anatomie führen. Wie in Betreff der Bauverhältnisse des innern Skeletts des Thieres, so müssen wir uns hier auch in Betreff des sog. Hautskeletts, das bei manchen niedern Thieren in der That die Hauptstütze des ganzen Gebäudes bildet, beschränken. Neben einer flüchtigen Skizze vom Baue der menschlichen Haut soll uns jedoch noch die Betrachtung einiger wesentlicher Hautgebilde der Thiere beschäftigen, insofern uns dieselben für allgemeinere physiologische Schlußfolgerungen erforderlich scheinen.

Die Haut des Menschen besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Lagen; aus einer innern gefäß- und nervenreichen, aus Bindegewebe und einzelnen Muskelfasern bestehenden, der sog. Lederhaut, und aus einer äußern, ausschließlich aus Zellen zusammengesetzten, der sog. Oberhaut oder Epidermis. An der ersteren unterscheidet man wieder das nach innen liegende, die Haut mit den Muskeln u. s. w. verbindende Unterhaut-Zellgewebe (Fig. 219, d), welches bald

Fig. 219.*)



weniger, bald in reicher Menge mit Fettzellen erfüllt ist (Fig. 219, f), und die eigentliche Lederhaut (Fig. 219, c), die mit Tausenden

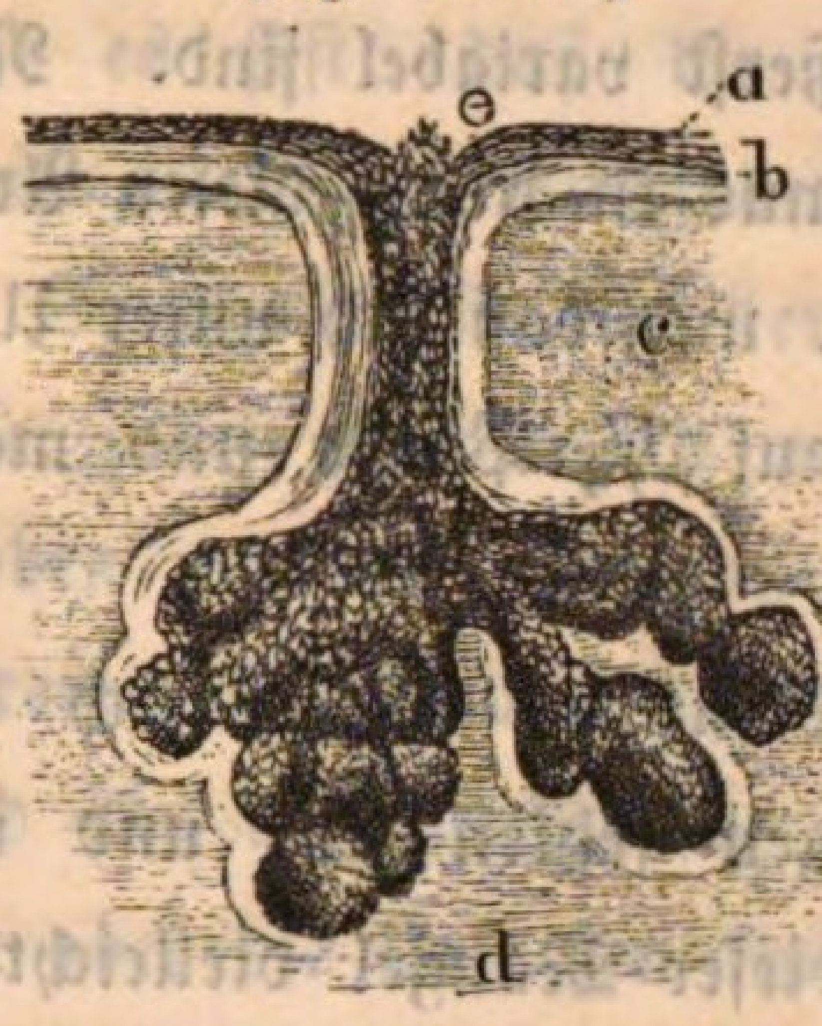
*) Senkrechter Durchschnitt der Haut der Innenfläche des Zeigefingers — 25mal vergrößert. — a Epidermis. b Malpighi'sches Schleimnetz. c Lederhaut. d Unterhautzellgewebe. ee Ausführungsgänge der knäuelförmig aufgerollten Schweißdrüsen. fff Anhäufungen von Fettzellen. g Verzweigung und schlingenförmige Umbiegung der Blutgefäße in den Papillen der Lederhaut. h Ein Hautnerv, der in die Papillen eindringt und in zweien derselben mit Tastkörperchen versehen ist. (Nach Ecker a. a. O. Taf. XVII.)

warzenförmiger Hervorragungen versehen, die Endausbreitungen der Nerven und Gefäße (Fig. 219, h und g) enthält. An der zweiten trennt man ebenfalls wieder eine innere feuchte Zellenschicht, das sog. Malpighi'sche Schleimnetz (Fig. 219, b), und eine äußere, aus vertrockneten Zellen bestehende, die sog. Epidermis (Fig. 219, a), die aber beide keineswegs scharf getrennt sind, sondern allmählig in einander übergehen. Die abgestoßenen trockenen Epidermiszellen werden ständig von den unter ihr liegenden ersetzt; durch eine fortwährende Zellenbildung in der untern, feuchten Schicht ist Sorge für diesen Nachwuchs getragen. — In der so beschaffenen Haut liegen nun, bis in das Unterhautzellgewebe hineinragend, die verschiedenen Hautdrüsen und Haarbälge, und zwar unterscheiden wir unter den ersteren die sog. Schweißdrüsen (s. Fig. 219, e), und die Hauttalgdrüsen (s. Fig. 220). Die Schweißdrüsen bilden lange, fadenförmige, unten aufgerollte Canäle, die Hauttalgdrüsen dagegen einfache oder auch mehrfach ausgestülpte schlauchförmige Drüsen; die Haarbälge aber sind als einfache Einstülpungen der verschiedenen Hautlagen zu betrachten, aus deren Grunde das Haar selbst hervorkeimt. — Die beigefügten Abbildungen mögen uns weiterer Beschreibungen überheben. —

Welche Stoffe werden nun von diesen Drüsen und Hautschichten abgesondert und ausgeschieden? Es leidet keinen Zweifel, daß die letztern ständig Kohlensäure und Wasser exhaliren. Das von den Schweißdrüsen ständig abgesonderte und unter Umständen in großer Menge hervortretende Wasser ist aber mit verschiedenen organischen und unorganischen Stoffen geschwängert, unter denen neben einigen bis dahin nicht näher bestimmten stickstoffhaltigen (vielleicht dem Harnstoff ähnlichen) Verbindungen, stickstofffreie Säuren, insonderheit Ameisensäure, Essigsäure und Buttersäure, und Kochsalz die Hauptrolle spielen. Sind uns aber die Quellen dieser Stoffe nicht hinreichend aus unsern obigen Betrachtungen bekannt? Wir müssen annehmen, daß unter Umständen jene aus der Metamorphose der stickstofffreien Nahrungsbestandtheile hervorgehenden Verbindungen nicht bis zur Kohlensäure- und Wasserbildung hingelangen, das Blut sich ihrer aber dennoch zu entledigen sucht. In den Schweißdrüsen wird ihnen jetzt ein Ausweg geboten und ihre Abscheidung in denselben erfolgt nach ähnlichen

Gesetzen, wie wir sie bei andern Drüsen kennen gelernt haben. Das von den Hauttalgdrüsen abgesonderte Secret besteht neben ebenfalls noch nicht näher bestimmten, quantitativ aber nicht sehr erheblichen stickstoffhaltigen Verbindungen vorzugsweise aus Fett (insonderheit Elaïn), aus Fettseifen und geringen Mengen von Cholestearin, während unter den unorganischen Bestandtheilen die phosphorsauren Erden vorherrschen und die Chlorverbindungen nur in sehr unerheblicher Menge vorhanden sind. Auch in diesen Drüsen treffen wir wieder auf das mehrfach beregte interessante Verhältniß, daß die Bildung des Drüsensecretes, hier also des Hauttalgs, durch einen Zellenbildungsproceß im Grunde des Drüsenschlauches bedingt ist. In diesen Zellen bildet sich oder entwickelt sich aus andern Verbindungen das Fett, die Zellen platzen, sobald sie weiter vorgeschoben werden, und das fettige Secret tritt zu Tage. Ueber den Ursprung dieses Fettes läßt sich schwer entscheiden. Seinen Nutzen aber suchen wir in der Weicherhaltung der Haut, in der Verhinderung zu starker Verdunstung, in dem Schutze vor dem Eindringen schädlicher Flüssigkeiten u. s. w.

Fig. 220.*)



So werden denn dem Organismus auch auf dem Wege durch die Haut stickstoffhaltige, stickstofffreie und unorganische Bestandtheile, die theilweise hier noch zu irgend welchen Zwecken dienen sollen, entzogen. Wir bemerken dabei nachträglich, daß von der Menge des in den Nahrungsmitteln genossenen Stickstoffs nach Bischoff's u. A. Berechnung nur etwa $^2/_3$ im Harnstoff des Harnes aus dem Organismus ausgeschieden werden, und daß es nicht unwahrscheinlich ist, daß wenigstens

---

*) Eine Talgdrüse aus dem Nasenflügel eines Menschen (senkrechter Durchschnitt, 50mal vergrößert). a Epidermis. b Malpighi'sches Schleimnetz. c Lederhaut. d Unterhautzellgewebe. e Ausführungsgang der ganz mit Fettzellen erfüllten Drüse. (Nach Ecker a. a. O. Taf. XVII.)

ein Theil des noch übrigen $1/3$ in der Haut seinen Ausweg findet. Was aber die Quantität der überhaupt durch die Haut ausgeschiedenen Stoffe anbetrifft, so läßt sich darüber um so weniger etwas Bestimmtes angeben, als einmal die Ausgaben durch die Haut kaum für sich allein, d. h. ohne die gleichzeitig stattfindenden Ausgaben in den Lungen, bestimmt werden können, andrerseits aber auch die Hautausgaben selbst, je nach der Thätigkeit der Haut in Folge von Bewegung, äußerer Temperatur u. s. w., äußerst variabel sind. Nur im Allgemeinen wissen wir, daß der Organismus in Folge dieser Ausgaben nicht unbeträchtlich an Gewicht verliert, und daß sich unter Umständen dieser Verlust in $1/2$ Stunde selbst auf $1/4$ Pfund und mehr belaufen kann.

Aehnliche Schweißdrüsen wie bei dem Menschen finden sich bei vielen Säugethieren. Bei den Vögeln dagegen fehlen sie, und mit Bergmann dürfen wir vermuthen, daß dieser Mangel vielleicht in Uebereinstimmung steht mit einem geringern Wassergehalte des leichten Vogelkörpers überhaupt. Außer den Lungen, dem Darmcanal und den Nieren bedurften die Vögel keiner besondern Auswege für das Wasser, der rege Oxydationsproceß in ihnen machte aber gleichzeitig auch für andere Stoffe, die bei den Thieren durch die Schweißdrüsen ausgeschieden werden, einen besondern Ausweg entbehrlich. Auch den Amphibien und Fischen fehlen besondere Schweißdrüsen. Während aber die Vögel in der oberhalb des Schwanzes gelegenen sog. Bürzeldrüse eine Drüse besitzen, die ein fettiges Secret liefert, mit welchem die Federn von den Thieren selbst verputzt werden, damit sie der Einwirkung des Wassers, Regens u. s. w. weniger unterliegen, ist die Haut der Amphibien, und namentlich der nackten, reichlich mit Drüsen ausgestattet, die einen mehr oder weniger scharfen, selbst giftigen Absonderungssaft, zum Schutze gegen angreifende Feinde, liefern. Die Haut der Fische ist dagegen nur mit einem gegen die Einwirkung des Wassers schützenden schleimigen Ueberzuge versehen, der aus einer Auflösung der obersten Hautschicht zu entstehen, nicht aber von besondern Drüsen geliefert zu werden scheint.

Außer den genannten gehören der Haut der Säugethiere nun noch besondere Drüsen an, die einmal zur Production der den Jungen zur

Nahrung dienenden Milch, andrerseits zur Erzeugung eigenthümlicher, weniger in ihrer physiologischen, als arzneilichen Bedeutung bekannten Stoffe dienen. Es zählen hierher die Milchdrüsen, die Drüsen des Moschusthieres, des Biebers, die den Moschus und das Castoreum (Bibergeil) liefern u. s. w. Auch all diese Drüsen beziehen selbstverständlich das Bildungsmaterial für ihre Absonderungssäfte aus dem Blute, und für die den Speicheldrüsen ähnlich gebauten Milchdrüsen steht es fest, daß die sie auskleidenden Drüsenzellen in ähnlicher Weise an der Bildung der Milch betheiligt sind, wie die Drüsenzellen der Speicheldrüsen bei der des Speichels. Wir wissen selbst, daß sich diese Zellen namentlich mit Fett füllen, losgestoßen und vorwärtsgeschoben werden, zerplatzen, und somit der Milch ihren Fettgehalt zuführen. Wiederum also der Zellenbildungsproceß als Vermittlungsglied für die Herstellung gewisser organischer Verbindungen! Welches nun aber die Ursachen sind, die in den Milchdrüsen die Bereitung der insonderheit aus Käsestoff, Eiweißstoff, Milchzucker, Butter, phosphorsauren Salzen und Wasser bestehenden Milch, in den Speicheldrüsen aber die Bereitung des Speichels bedingen, wissen wir eben so wenig, als uns die ursächlichen Momente der Gallebereitung in der Leber, der Harnabscheidung in den Nieren u. s. w. bekannt sind. Auch hier bleibt uns nichts übrig, als vorläufig an die oftberegten, in dem Organismus waltenden electrischen Kräfte wenigstens zu denken. —

Den Wirbellosen fehlen Drüsen, die den Schweißdrüsen der Säugethiere an die Seite gestellt werden könnten. Der elastische, von Feuchtigkeit durchdrungene Panzer vieler Gliederthiere, die stets feuchte Haut vieler Weichthiere, die ebenfalls feuchte Haut der Würmer u. s. w. lassen jedoch keinen Zweifel zu, daß auch an der Haut dieser Thiere ständig eine Verdunstung Statt hat, ja bei den Würmern und vielen niedern Thieren (Infusorien, Polypen u. a.) vertritt diese Verdunstung ganz und gar die Function der fehlenden Athmungsorgane. Die Kenntniß von den quantitativen und qualitativen Verhältnissen des Stoffwechsels bei all diesen Thieren läßt jedoch noch Vieles zu wünschen übrig, und wir sind bis dahin zum großen Theil nur auf Vermuthungen angewiesen. — Es besitzen dagegen manche Wirbellose besondere Drüsen, welche der Absonderung besonderer Nutzstoffe dienen,

und sind dieselben auch keineswegs in der Haut selbst gelagert, so rechnen wir sie doch in so fern hierher, als sie auf ihr ausmünden. Das Wachs der Honigbienen wird ohne Beihülfe besonderer Drüsen zwischen den dachziegelförmig über einander liegenden Bauchschienen, durch die Verbindungshaut derselben hindurch abgesondert, sammelt sich in Form kleiner Schüppchen an und wird dann mit Hülfe der Mandibeln wieder verarbeitet. Ansehnliche Drüsen bilden dagegen sowohl die Spinnorgane der Larven gewisser Insekten (Seidenraupe u. a.), als diejenigen der Spinnen. Im erstern Falle liegen die Drüsen fast überall in Form langer Blindschläuche zur Seite der Speiseröhre und münden auf der Unterlippe; im letztern dagegen befinden sie sich im Hinterleibe und münden mit sehr zahlreichen Oeffnungen auf den kegelförmigen, am hintern Ende des Körpers gelegenen sog. Spinnwarzen. Das Secret dieser Drüsen scheint wesentlich aus einem stickstoffhaltigen Stoff zu bestehen, welches, in Fäden ausgezogen, an der Luft sofort zu einer glasartigen Substanz erhärtet. Von der unendlichen Feinheit dieser Fäden macht man sich einen Begriff, wenn man erfährt, daß in manchen Arten „erst 14000 derselben die Dicke eines gewöhnlichen Nähfadens" (Leuckart) erreichen. — Auch die schleimige Absonderung des Fußes unserer Schnecken, die ihren Weg „als glänzende Bahn" bezeichnet, verdankt ihren Ursprung einer reichen Anzahl von Drüsen; und die Oberhaut der gehäusetragenden Mollusken ist nicht minder zum Aufbau und zur Vergrößerung des Gehäuses mit sog. Kalk- und Pigmentdrüsen versehen, die einmal eine sehr kalkreiche Flüssigkeit und andrerseits die Farbstoffe liefern, durch welche die Gehäuse so mancher Weichthiere ausgezeichnet sind. Sei es endlich auch noch erwähnt, daß das sog. Leuchten vieler niederer Thiere und namentlich der Infusorien, welche die prachtvolle Erscheinung des Meerleuchtens bedingen, zum großen Theil wahrscheinlich durch besondere, von der Haut dieser Thiere abgesonderte Stoffe (nach Heller's Untersuchung eiweißartige Stoffe in Verbindung mit Fett) bedingt ist. Es ist in dieser Beziehung bemerkenswerth, daß die den Körper mancher der in Frage stehenden Thiere überziehende schleimige Masse, auch getrennt von ihm noch leuchtet, daß bei andern wieder das Leuchten von einem aus jenen Thierstoffen sich bildenden Pilz (Sarcina

noctiluca) abhängig zu sein scheint. *) Immerhin liegt aber dennoch in Ehrenberg's Worten: „die Lichtentwicklung der Meeresinfusorien gleicht, meiner Erfahrung nach, ganz einer wiederholten electrischen Entladung" **) ein Hinweis auf die Betheiligung electrischer Kräfte an diesem auffallenden Phänomen und das Leuchten auch jener Substanzen und Pilze an und für sich ist durch den Nachweis ihres Vorhandenseins noch nicht erklärt. — Die nähere Betrachtung all dieser einzelnen, so überaus interessanten Lebenserscheinungen der Thierwelt dürfen uns hier jedoch nicht länger fesseln. Wir entnehmen aus der Andeutung derselben nur den für unsere Darstellung erheblichen Schluß, daß auch die Haut durch die ganze Thierreihe hindurch als wichtiges Ausscheidungsorgan gewisser Auswurfsstoffe, die aus der Metamorphose der Körper- und Nahrungsbestandtheile hervorgehen, eine Rolle spielt, und der Nachweis stickstoffhaltiger Verbindungen in diesen Hautausscheidungen, insonderheit bei niedern Thieren, mag uns die Möglichkeit vor die Augen führen, daß da, wo besondere Harnorgane fehlen, die Haut und der Darmcanal, oder gar die Haut allein die Abscheidung der metamorphosirten stickstoffhaltigen Nahrungsbestandtheile übernehmen kann, — so wenig wir auch noch über die Natur der auszuscheidenden Verbindungen auszusagen vermögen. —

Unsere Aufgabe ist beendet. In flüchtigem Umriß haben wir den Zerfall der Gewebs- und Blutbestandtheile und die Ausscheidung der Produkte dieses Zerfalls aus dem thierischen Organismus gezeichnet, haben die Auswurfsstoffe selbst bis dahin begleitet, wo sie wieder Bestandtheile der Pflanze werden, wo sie einen neuen Kreislauf beginnen. Auch die letzterwähnten flüssigen oder festen Produkte der Haut und ihr zugehöriger Drüsen kehren nach kürzerer oder längerer Frist in die schon einmal durchlaufene Bahn zurück. Der Seidenfaden,

---

*) Heller: Ueber das Leuchten im Pflanzen- und Thierreich. Archiv für physiologische und pathologische Chemie und Mikroscopie. 1853. Heft 7.

**) Ehrenberg a. a. O. S. 529 u. 258.

den die Raupe spinnt, wird durch die kunstreiche Hand des Menschen zu Geweben aller Art verflochten, das bis zu Lumpen abgenutzte Gewebe wandert in die Maschine, die aus ihnen noch das Material bereitet, welches unsre Gedanken in weite Ferne trägt, bis endlich auch der Tag des Unterganges unserer Schriftzeichen und Bücher nahet, bis die Vermoderung oder die Verbrennung auch sie wieder in das Reich der unorganischen Körper zurückführt, sie, die im letzten Gliede aus diesem Reiche herstammten, um nach dem Durchlaufen des Pflanzen- und Thierkörpers noch Zwecken zu dienen, ohne deren Erfüllung der Mensch nicht die Stufe der Cultur erreicht haben würde, die er bis dahin schon, und auf immer weiteren Gebieten, errungen hat. — Schon die oberflächliche Einsicht in diesen ewigen Kreislauf des Stoffes hat etwas so wunderbar Erhebendes, daß man sich schwer von dem weiteren Verfolge desselben trennt. Es erreicht diese Erhebung den höchsten Grad in der Betrachtung der wunderbaren Resultate, welche in diesem Kreislauf des Stoffes aus den verschiedenartigsten Combinationen der Stoffe selbst und der sie beherrschenden Kräfte hervorgehen, Combinationen, deren Eintritt uns als die Realisation einer ursprünglichen schöpferischen Idee gilt. Doch, wir wiederholen es auch hier, wie dürftig muß zur Zeit noch ein jeder Versuch einer Zeichnung dieses Kreislaufs mit seinen tausendfältigen Verschlingungen ausfallen! Ausgehend von den Stoffen, die die uns zunächst umgebende Welt zusammensetzen, wollten wir es versuchen, die allmählige Entwicklung dieser Welt nach dem heutigen Standpunkte unserer noch überall beschränkten Einsicht zu zeichnen, die Mittel und Wege, auf denen der Bestand der jetzigen uns zunächst umgebenden Welt ermöglicht wird, anzudeuten, den Grund endlich und das Zustandekommen der Lebenserscheinungen, welche diese Welt darbietet, so weit es zur Zeit möglich ist, in allgemeinen Umrissen darzustellen. Der Zielpunkt der Naturforschung, der Wege, die sie einzuschlagen hat, um zu ihnen zu gelangen, sind wir uns nicht unbewußt. Allein größer ist zur Zeit noch die Anzahl der ihrer Lösung wartenden Fragen, als die Zahl der Thatsachen, auf denen sich eine allgemeine Physiologie begründen läßt. Aber der Trieb, die Gränzen des Wissens weiter und weiter auszudehnen, ist auch ein natürlicher Ausfluß des Gemüthes,

welches nicht unempfänglich ist für die erhabenen Werke des Schöpfers. Und so begründet sich die Hoffnung, daß das Streben auf dem Gebiete der Naturforschung stets ein reges und unermüdetes sein und bleiben wird, und wir uns mehr und mehr der Möglichkeit einer klaren Darstellung des zusammenhängenden Ganzen nähern, dessen Erkenntniß nicht nur den höchsten Ideen der Menschheit, sondern auch ihren mannigfachen praktischen Bestrebungen zur Grundlage dienen muß. —

Fünfzehnter Vortrag.

Schlußbetrachtungen mit besonderer Berücksichtigung des gegenwärtigen Standpunktes und der Aufgaben einer rationellen Diätetik des Menschen.

Wir haben in kurzer Zeit einen weiten Weg zurückgelegt. — Gleich dem Reisenden, der nach langer Wanderung heimkehrt, führt uns die Erinnerung eine bunte Menge von Bildern vor, und es ist keine leichte Aufgabe, den natürlichen Zusammenhang derselben und die hervorragendsten Punkte eines jeden fest und klar im Gedächtniß zu halten. — Doch das alltägliche Leben nimmt uns wieder auf. — Wie bei dem Reisenden, so weicht auch bei uns die vielseitige Bewegung der frühern Ruhe. — Klarer und deutlicher hebt sich jetzt allmählig von all dem Gesehenen und Erlebten, dessen wir uns oftmals mit Hülfe unserer Blätter erinnern, eine Reihe von Vorstellungen ab, welche den Kern unserer Erfahrungen in sich schließt; — und diese zu Anderer und eigenem Nutzen zu verwerthen ist das Streben, welches uns in den gewohnten Wirkungskreis begleitet. —

Die äußersten Grenzen unseres Weges haben wir weiter gesteckt, als es bei ähnlichen Unternehmungen bis dahin zu geschehen pflegte. Die Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers und die Verschiedenheit der zu verschiedenen Altersperioden auf ihm existirenden Organismen haben wir in das Bereich der Betrachtung gezogen. — Doch es sei auch hier wiederholt, daß eben diese Entwicklungsgeschichte ein nothwendiges Fundament bildet für die Betrachtung des Geschehens in der uns gegenwärtig umgebenden Natur, und daß viele der in dieser Betrachtung entspringenden Fragen gar nicht zu behandeln sein würden, ohne eine einigermaaßen genaue Kenntniß der Thatsachen, welche sich auf jene erstere beziehen. Die vielgestaltige Oberfläche der Erde ist der Boden, den wir betreten, auf dem oder in dessen wassererfüllten Tiefen die uns

bekannten Organismen leben und weben. Aber die Kenntniß dieses Bodens, seiner allmähligen Entwicklung und seiner ständig fortdauernden Metamorphosen ist auch der Boden für die Lehre von dem Leben der Organismen der Gegenwart, und die tiefere Erforschung dieses, sei es in seinen normalen oder in seinen abnormen Erscheinungen, kann jener nicht mehr entbehren.

Wir haben weiterhin den vorgezeichneten Weg rasch durchlaufen, rascher vielleicht, als es Manchem, der ihm theilnehmend folgte, gefallen, und rascher, als es uns selbst, gefesselt durch das Interessante des Gegenstandes, hie und da lieb sein konnte. — Doch es war uns von vorn herein nur um eine richtige Gesammtanschauung des Gebietes zu thun, durch welches der Weg führte, und wer mit Ernst dem Gewinne einer solchen nachstrebte, dem kann dieselbe nicht nur nicht entgangen sein, er wird mit ihr vielmehr auch schon eine Reihe allgemeiner Vorstellungen und thatsächlicher Kenntnisse gewonnen haben, deren Besitz das Bedauern mindert über Tage und Orte, an denen uns ein trüber Himmel die Fernsicht verschloß.

Wir gedachten in unserer Einleitung der Erhebung und Beruhigung des Gemüthes, welche die eingehende Naturbetrachtung herbeizuführen vermag, und bezeichneten diesen ihren Einfluß als einen wesentlichen Grund für das rege Interesse, welches ihr in neuerer Zeit auch von dem Laien zugewandt wird. Sollte aber nicht auch schon bei einem flüchtigen Durchblättern der gegebenen Skizzen dieser Einfluß hie und da fühlbar geworden sein? — Nicht minder erregt das Bild die Bewunderung, welches in weiten Zügen den ewigen Kreislauf des Stoffes malt, als der eine Blick durch das Mikroscop, der uns den zarten Bau der Sehnervenhaut enthüllt; nicht minder staunend sehen wir der Nervenfaser den electrischen Strom entlockt, als den Pflanzensaft in tausend Zellen emporsteigen und zu Nahrungsstoffen des Thieres metamorphosirt. Dem Auge des Beschauers, wie der Hand des Forschers hält die Natur dabei überall willig still, und in der sinnigen Betrachtung und Beschäftigung mit ihr überkommt ihn selbst eine willkommene, wohlthätige Ruhe. — Wir legten weiter unsern Weg unter dem Eindruck einer Zeit zurück, in welcher von Neuem ein heißer Kampf um die Wahrheit oder Irrthümlichkeit der höchsten Ideen der

Menschheit entbrannt ist, ein Kampf, der mit bedauernswerther Erbitterung gekämpft wird. Bewegt von den Ereignissen dieser Zeit, konnten wir es nicht unterlassen, auch ihnen einen prüfenden Blick zuzuwerfen. Waltete aber nicht überall die ewige Ordnung? Trat uns irgendwo ein Widerspruch, ein willkürlicher, unbeabsichtigtigter Kampf feindlicher Elemente entgegen? Verräth sich nicht überall die schöpferische Idee, die leitende ordnende Hand? „Wohl, oberflächlich betrachtet, leitet die Naturforschung von Gott ab, tiefer verfolgt aber führt sie zu ihm zurück.“ — Es ist sonder Zweifel wahr, — und wir sprachen unsre Ansicht bereits dahin aus —, die Naturforschung ist nur bis zu einer gewissen Gränze hin zur Entscheidung der Fragen berechtigt, um welche es sich in dem gegenwärtigen Kampfe handelt. Aber es sind diejenigen, welche die Ergebnisse derselben gänzlich ignoriren zu dürfen meinen, sicher eben so sehr im Unrecht, als diejenigen, welche der Beschränktheit unserer Sinne vergessen, und erhält damit die Naturforschung die Bedeutung eines wesentlichen Bildungsmittels für unsere religiösen Anschauungen, so kann ihr höherer Werth nur um so weniger fraglich sein. — Derselbe eben erwähnte Kampf regte ferner von Neuem die Frage nach dem Vorhandensein einer besondern, in den Organismen waltenden Lebenskraft an. Die Frage ist selbstverständlich für die gesammte Auffassung der Lebenserscheinungen in der uns umgebenden Natur von eingreifendster Wichtigkeit, und nur um so mehr gingen wir in Kürze auf sie ein. Wenn wir aber diejenigen tadeln zu müssen glaubten, welche sich in Ueberschätzung unseres zur Zeit dürftigen Wissens schon berechtigt halten, mit aller Bestimmtheit das Vorhandensein einer Lebenskraft zu behaupten, wenn wir hervorhoben, daß das Gebiet der naturwissenschaftlichen Thatsachen noch viel zu wenig übersehen werde, um schon die Möglichkeit in Abrede zu stellen, daß die in den Organismen waltenden Naturkräfte in einer noch ungeahnten Weise die Eigenthümlichkeiten der Lebenserscheinungen bedingen, so wiesen wir damit zugleich auf ein Resultat der Naturforschung hin, welches wir nicht hoch genug anschlagen zu können meinen. Es führen die mannigfachen, unserer Deutung unzugänglichen Natur- oder Lebenserscheinungen zu der richtigen Erkenntniß unserer Schwäche, zu jener Tugend, welche den bewundernswerthen Leistungen einzelner Männer erst die

wahre Weihe giebt, und nur wo sich diese, wo sich die Anspruchslosigkeit dem Streben vereint, ist ein fruchtbringendes und erfreuliches Wirken zu erwarten. Die nie zu umgehende wissenschaftliche Discussion wird in neuerer Zeit nur zu oft verleidet durch den Egoismus der Betheiligten. Es giebt aber, abgesehen von den unerquicklichen Aeußerungen desselben, kein größeres Hinderniß für den Fortschritt der Wissenschaft, als eben ihn, und wer da strebt, der sollte nie vergessen, daß er irren kann. Wissen wir denn schon, — um nochmals auf die Lebenskraft zurückzukommen —, wie sich die unzweifelhaft im Thierreich, wie im Pflanzenreich in Frage kommenden electrischen Kräfte in den Organismen selbst verhalten? Ahnen wir nur die Größe und das Wie? ihres Eingriffs nach kaum gewonnener Kenntniß ihres Vorhandenseins? Täglich bewundern wir den einfach construirten Apparat, der unsere Worte im Augenblick meilenweit fortträgt, und wir sollten die Möglichkeit ableugnen, daß der complicirte Mechanismus des thierischen Organismus noch ungleich wunderbarere, bis dahin aber ganz außer unserer Berechnung liegende Resultate herbeizuführen im Stande sei? — Das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer individuellen menschlichen Seele haben wir als Sache des Glaubens bezeichnet. Es ist eine wissenschaftliche Thatsache, daß rein psychische Bewegungen, und zwar mittelst des Nervensystems, mächtige Veränderungen in dem Ablauf der Lebenserscheinungen hervorzurufen vermögen. Eine wissenschaftliche Thatsache ist es ferner, daß unsere sinnlichen Wahrnehmungen, so wie unsere Geistesthätigkeiten und Denkbewegungen an ein materielles Substrat, und zwar wiederum an das Nervensystem gebunden sind. Aber auch ihr Zustandekommen ist uns ein vollkommenes Räthsel. Die gesammte Reihe der übrigen Lebenserscheinungen der Organismen läßt sich dagegen möglicherweise als auf bestimmten Combinationen der überall in der Natur aufzufindenden Stoffe und Kräfte beruhend betrachten, denn nochmals sei es hervorgehoben, von der eigenthümlichen Größe und von dem Wie? des Waltens dieser Kräfte in den Organismen haben wir bis dahin kaum eine Ahnung, und so lange unsre Einsicht an dieser Beschränktheit leidet, würde es unrichtig sein, außergewöhnliche Kräfte, und also eine Lebenskraft, zu irgend welchen Erklärungen zu Hülfe zu nehmen.

So ist die Naturforschung nicht ohne mächtigen Einfluß auf das Gemüth, nicht ohne Bedeutung für unsre gesammte Weltanschauung, nicht ohne Einfluß auf die allgemeine Ausbildung des einzelnen Menschen. — Doch wenden wir den Blick auch nach der andern Seite. Gedenken wir auch der praktischen Consequenzen, welche uns unsre nur flüchtigen Betrachtungen an die Hand gaben —, und wahrlich, wir kehren auch in dieser Beziehung nicht arm heim. Hier eben bieten sich manche der Resultate dar, die wir, gleich dem Reisenden, mit in den alltäglichen Wirkungskreis hinübernehmen sollen, um sie nunmehr zu Anderer oder eigenem Nutzen zu verwenden.

Rufen wir nur einige dieser Ergebnisse in das Gedächtniß zurück, so führt uns die Kenntniß vom Kreislauf des Stoffes, als des Mittels zur Erhaltung des Bestehenden, unmittelbar zu der Anschauung hin, daß der Ackerboden, dem wir alljährlich eine auf ihm erstehende Frucht hinwegnehmen, oder der Organismus, der Tüchtiges leisten soll und unter allen Umständen in Folge des Lebensprocesses selbst gewisse Ausgaben zu bestreiten hat, vor Allem einer quantitativ und qualitativ geregelten Zufuhr von Nahrungsmitteln, des genauen Ersatzes der ihm in dieser oder jener Form entzogenen Bestandtheile bedarf, und wie also für die Landwirthschaft in einer rationellen Düngungsmethode und Wechselwirthschaft, so muß für den thierischen und menschlichen Organismus in einer rationellen Diätetik die wesenliche Grundlage alles Gedeihens liegen. Eine rationelle Düngungsmethode kann aber nur darin bestehen, daß dem Ackerboden, abgesehen von denjenigen Bestandtheilen, welche die Pflanze ständig aus der Luft beziehen kann, genau diejenigen Bestandtheile wieder zugeführt werden, welche ihm mit einer oder mehren Erndten entzogen sind, und wenn diese Bestandtheile keine andre sind, als diejenigen, welche das Thier, nach tausend Umwandlungen in seinem Organismus, wieder ausscheidet und aus denen es selbst besteht, so folgt daraus von selbst, daß mit dem Verlust von Düngermassen und Verwesungsstoffen des thierischen Organismus für die fruchttragenden Felder auch die Aussicht auf dauernde Ertragsfähigkeit derselben verloren geht. Daraus aber ergiebt sich wieder unmittelbar nicht nur das Wünschenswerthe und Vortheilhafte geeigneter städtischer Einrichtungen zur Conservirung der jetzt noch meistens ver-

worfenen und fortgeschwemmten Düngermassen, es erhellt daraus auch die Rationalität der Anwendung des Guano (der Excremente der Seevögel), des aus entölten und getrockneten Fischen dargestellten sog. Fischpulvers, des sog. Blut-Düngers u. s. w. zur Düngung unserer von Jahr zu Jahr an phosphorsauren Erden und stickstoffhaltigen Verbindungen ärmer werdenden Felder.*) — Im Verlaufe all unserer Betrachtungen des Stoffwechsels im pflanzlichen sowohl, als thierischen Organismus, haben wir es ferner hervorgehoben, daß die Neubildung sowohl, als die Rückbildung oder der Zerfall der organischen Formbestandtheile, ja daß der gesammte Lebensproceß zum großen Theil abhängig ist von der Gegenwart einer gewissen Quantität unorganischer (mineralischer) Verbindungen. Man hat aber bisher, insonderheit in Betreff der Diätetik des Menschen, vorzugsweise und fast ausschließlich den organischen Verbindungen die Aufmerksamkeit zugewandt. Weist uns also die Physiologie nicht wieder unmittelbar auf das bisher Mangelhafte einer unserer wichtigsten Doctrinen hin? Lehrt sie uns nicht,

*) Das von Herrn Démolon aus Fischabfällen und ungenießbaren Fischen bereitete sog. Fischpulver enthält in 100 Th.:

Wasser	1,00 Th.
Stickstoffhaltige organische Substanz	80,10 „
Auflösliche Salze, vorzugsweise aus Chlornatrium, kohlensaurem Ammoniak und Spuren von schwefelsaurem Ammoniak bestehend	4,50 „
Phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Magnesia	14,10 „
Kohlensauren Kalk, Kieselerde u. s. w.	0,30 „

Der Preis dieses Fischpulvers ist billiger als der des Guano, welcher im Mittel nur 10 Proc. Stickstoff und 14 Proc. phosphorsaure Salze enthält. (Payen: Précis de Chimie industrielle. 3ème édit. 1855. Paris.) In Dingler's polytechnischem Journal 1856. Januar, wird der Mittheilung des Démolon'schen Verfahrens u. s. w. folgende Notiz beigegeben:

„Der Kabliaufang auf der Insel Neufundland liefert jährlich, die „Fische frisch gerechnet, über 1,400,000 Tonnen, wovon 700,000 Tonnen benutzt, und 700,000 ins Meer oder an das Ufer geworfen werden. Würden diese 700,000 Tonnen Fischabfälle gekocht, ausgepreßt, „getrocknet und gepulvert, so erhielte man damit 150,000,000 Klgrm. „eines Düngpulvers, welches dem besten peruanischen Guano gleichkommt."

den unorganischen Bestandtheilen der Nahrungsmittel, der Pflanze sowohl, als des Thieres, die sorgfältigste Aufmerksamkeit zuzuwenden? „Es gehören," wie Liebig so treffend sagt,*) „nicht viele chemische Kenntnisse dazu, um einzusehen, daß die Ermittlung des Gesetzes der Abhängigkeit der Functionen und Beschaffenheit des Blutes von der Natur und Quantität der unverbrennlichen Bestandtheile (der Nahrungsmittel), der unterste Stein der Grundlage der Medicin und Physiologie, und daß es vollkommen thöricht ist, vor der Legung dieses Steins, welcher die Lösung aller Fragen der thierischen Oeconomie trägt, an eine rationelle Heilwissenschaft," — und setzen wir hinzu, an eine rationelle Diätetik — „auch nur zu denken." — Die Kenntniß von den den Stoffwechsel im menschlichen Organismus bedingenden Momenten sagt uns, um eines dritten Resultates zu gedenken, daß das Nervensystem unter diesen Momenten eine überaus hervorragende Rolle spielt. Eine Excitation des Nervensystems beschleunigt, eine Depression verzögert den Ablauf der Stoffmetamorphosen. Ergeben sich daraus aber nicht wieder unmittelbar die wichtigsten praktischen Consequenzen? Es folgt daraus nicht nur, daß der Arzt bei Ertheilung irgend welcher diätetischer Vorschriften insonderheit auf den jedesmaligen Zustand des Nervensystems des Erkrankten Rücksicht zu nehmen hat, — und, wie es scheint, wird diese Rücksicht nicht immer genugsam beachtet —, nicht nur, daß eine einsichtsvolle Anwendung der neuerdings vielfach als überflüssig betrachteten, ihre Erstwirkung auf das Nervensystem ausübenden Arzneimittel unter Umständen eine sehr empfehlenswerthe sein kann, — und wahrlich, der therapeutische Nihilismus der neuern Zeit wird dieser Wahrheit weichen müssen —, es dient die Kenntniß jenes Verhältnisses auch dem Laien zur Mahnung, je nach den leicht zu beurtheilenden Zuständen seines Nervensystems, je nach der größern oder geringern Frische seines Befindens, bestimmte Modificationen in seinem gesammten Verhalten, und namentlich in seinen diätetischen Maaßnahmen zu treffen, denn nur so werden sich tiefere Störungen der Gesundheit fern halten lassen. Nichts ist unrichtiger, als der so oftmals vorkommende Versuch, verlorene Kräfte durch große Mengen sehr nahrhafter

*) Chemische Briefe 1851. S. 519.

Speisen wiederzugewinnen; mit aller Bestimmtheit stellt der Verfasser die Behauptung auf, daß eine große Anzahl der die Menschheit heimsuchenden chronischen Krankheiten auf dem Mißverhältniß zwischen einem geschwächten Zustande des Nervensystems und dem Genuß großer Quantitäten kräftiger Nahrungsmittel beruht. Ein ruhiges, regelmäßiges Leben, ein stiller Landaufenthalt u. s. w., verbunden mit einer zeitweiligen Resignation auf bedeutende Leistungen und einer mäßigen, mehr anregenden, als nährenden, je nach der Individualität aber näher zu bestimmenden Diät sind bei jenem Zustande der Depression die wichtigsten Heilmittel. Nur mit ihrer Hülfe wird das Nervensystem zu dem Normalzustande seiner Energie zurückkehren können, und mit seiner zunehmenden Empfänglichkeit für zerstreuende und aufheiternde Genüsse wird die Anzeige gegeben werden nicht nur zu allmähligen Zulagen in der Diät, sondern auch zu dem Versuche allmählig gesteigerter Leistung. —

Das sind nur einzelne, wenige praktische Ergebnisse, die sich mit Leichtigkeit aus den voranstehenden Betrachtungen ableiten lassen. Tiefer auf dieselben einzugehen, gestatten uns Raum und Zeit leider nicht, und es wird in der That auch immer die Aufgabe besonderer Arbeiten sein und bleiben müssen, diese Consequenzen ausführlicher zu entwickeln, während das, was wir gegeben, nur als die Basis solcher Arbeiten und des Verständnisses derselben betrachtet werden darf und soll. — Wenn es dem Verfasser jedoch besonders am Herzen liegt, die Ergebnisse strenger physiologischer Forschung für die körperliche und geistige Erziehungslehre und Gesundheitspflege des Menschen zu verwerthen, wenn er dafür hält, daß in solcher Verwerthung eine der wesentlichsten wissenschaftlichen Lebensaufgaben des Arztes besteht, so möge es ihm vergönnt sein, den hier gebotenen Raum noch zu einem nähern Eingange auf nur ein, und zwar eins der bedeutungsvollsten jener Ergebnisse zu benutzen, und damit den voranstehenden Vorträgen eine vielleicht nicht fruchtlose Beigabe zu geben. —

Die Grundlage alles menschlichen Gedeihens ist, wie wir oben schon bemerkten, ein richtiges diätetisches Verhalten. Um so mehr aber, als in Betreff der Diätekik des Menschen noch so manche irthümliche Ansichten verbreitet sind, um so mehr, als der Umfang der dabei

in Betracht kommenden Fragen noch so wenig richtig gewürdigt wird, ist eine genaue Bekanntschaft mit den **Grundsätzen und Aufgaben einer rationellen Diätetik** eben so wünschenswerth als erforderlich, und so mag eine kurze Skizze nicht nur von dem, was auf ihrem Gebiete bereits geleistet ist, sondern auch dessen, was hier die nächste Zukunft zu leisten hat, die Aufgabe sein, welche wir den noch folgenden Blättern zuertheilen. — Der Verfasser verkennt es nicht, daß er damit, streng genommen, das Gebiet seiner zu Anfang bezeichneten Aufgabe überschreitet. — Wenn sich jedoch in dem Verlaufe der voranstehenden Vorträge, ohne daß der Zusammenhang derselben eine nachtheilige Störung erlitten haben würde, keine geeignete Gelegenheit auch nur zu einer dem Ganzen angemessenen Berührung diätetischer Fragen darbot, wenn erst jetzt, nach erlangter Kenntniß von dem Bau und den einzelnen Acten des physiologischen Geschehens im menschlichen Organismus ein Verständniß der in Frage stehenden Gegenstände möglich ist, und wenn es absichtlich bis dahin unterlassen wurde, den Nahrungsmitteln des Menschen eine eingehendere Betrachtung zu widmen, so mag darin eben so wohl eine Rechtfertigung für ihn gefunden werden, als in der überaus hohen Bedeutung, welche der Gegenstand selbst für das praktische Leben besitzt. —

Ein jeder Mensch steht zu seinem eignen Organismus in einem durchaus ähnlichen Verhältniß, wie der Landwirth zu seinem Ackerboden. Beide, der Organismus wie der Ackerboden, bedürfen der Zufuhr von Nahrungsmitteln, mannigfacher Bearbeitung und sorgfältiger Pflege, falls sie leistungsfähig erhalten werden und Früchte tragen sollen. Von der Art der Düngung und Pflege hängt die Beschaffenheit der Frucht ab, und der Landwirth sowohl, wie der einzelne Mensch, besorgen diese Pflege nach hergebrachten Gewohnheiten so lange selbst, bis sich etwa durch sparsamen Fruchtertrag oder durch gänzliche Fruchtlosigkeit ein Fehler in der Cultur oder eine Krankheit des Organismus selbst verräth. — Während nun aber die Agricultur, in Folge weiterer Verbreitung richtiger und von der fortschreitenden Wissenschaft entwickelter Principien, in den letzten Decennien einen überaus bedeutenden Aufschwung genommen hat, während einsichtsvolle Landwirthe und

Chemiker Hand in Hand gehen, um ihre praktischen und theoretischen Erfahrungen zu vereinigen, während in landwirthschaftlichen Versammlungen die Resultate vereinzelter Beobachtungen zusammengetragen werden und landwirthschaftliche Bildungsanstalten an vielen Orten bereits Sorge tragen, die Fundamentalkenntnisse für einen segensreichen Betrieb des Ackerbaues bis auf jeden Bauernhof hin zu verbreiten, ist es anders mit der Körper- und Gesundheitspflege des Menschen. Alltäglich begegnet man in dieser Beziehung, — und nicht nur unter den Laien, sondern selbst unter den Aerzten —, den oberflächlichsten und widersprechendsten Anschauungen; trotz alles Redens von der Bedeutsamkeit der Diätetik ist die richtige Application bereits festgestellter diätetischer Grundsätze auf Heilkunde und Gesundheitspflege überhaupt immer noch Sache individueller Ueberzeugung und Bestrebung; die alljährlichen Versammlungen der Aerzte und Naturforscher erfüllen ihre große und schöne Aufgabe nur zum Theil; und Thür und Thor sind nach wie vor dem heilkünstlerischen Charlatanismus geöffnet. — Die Schuld dieser noch leidigen Verhältnisse trägt zum Theil die Wissenschaft selbst. Die Wirkung der verschiedenen Nahrungs- und Genußmittel des Menschen auf seinen Organismus ist in mancher Beziehung noch zu wenig sicher eruirt, und es bedarf in dieser Hinsicht fortgesetzter, und zwar gemeinschaftlicher Studien der Physiologen und Aerzte. Eine reiche Anzahl bedeutungsvoller Thatsachen ist aber bereits auch festgestellt, und daß diese bis dahin im Allgemeinen nur wenig praktisch verwerthet werden, ist nicht sowohl Schuld der Laien, die von der tiefeingreifenden Bedeutung jener Thatsachen kaum einen Begriff, geschweige denn eine genaue Kenntniß haben können, als vielmehr der Aerzte, die, wie es scheint, den Fortschritten der Wissenschaft nicht folgen wollen, und nicht nur in dem hergebrachten Schlendrian fortfahren, sondern ihre ernste Lebensaufgabe überhaupt nicht richtig zu erkennen scheinen. Denn es ist nicht nur die Aufgabe des Arztes, bereits eingetretene und oft nur zu weit gediehene Störungen der Gesundheit zu entfernen, — und verhehle man es dem Laien doch nicht, daß diese vermeintliche einzige Aufgabe des Arztes sehr häufig eine Unmöglichkeit includirt —, es bildet vielmehr die Ueberwachung des Gesundheitszustandes, der Lebensverhältnisse und Lebensweise u. s. w.

der Pflegbefohlenen eine seiner wesentlichsten Aufgaben, und eben in ihr, in der zeitigen Verhütung vorauszusehender Krankheitszustände findet das ärztliche Wirken einen Boden, auf dem ihm die schönsten und reichsten Früchte erstehen.

Es lassen sich nun allerdings in Betreff der Gesundheitspflege des Menschen niemals allgemeine Principien mit jener Bestimmtheit aufstellen, wie sie für die Landwirthschaft zum Theil schon festgestellt sind. Je nach der Individualität, je nach den Anforderungen des praktischen Lebens, je nach klimatischen und andern Verhältnissen sind die mannigfachsten Modificationen diätetischer Maaßnahmen erforderlich, und die Bestimmung dieser wird immer nur Sache der wissenschaftlich gebildeten Fachmänner, der Aerzte, sein können. Allein, den Zustand der Gesundheit als gegeben angenommen, giebt es doch eine Reihe wissenschaftlich festgestellter und leicht verständlicher Thatsachen, deren weitverbreitete Kenntniß ihrer allgemeinen Gültigkeit wegen wünschenswerth ist, und dieser Kenntniß Vorschub zu leisten, ist die Aufgabe derjenigen, die den Beruf haben, für das körperliche und geistige Wohl der Mitmenschen Sorge zu tragen.

Man theilt die Nahrungsmittel des Menschen, abgesehen von der Form, in welcher sie genossen werden und abgesehen von ihrer Bezugsquelle, in Nahrungsmittel im eigentlichen Sinne des Wortes und in sog. Genußmittel. Jene sind solche, die dem Organismus das zu seinem Aufbau und zu seiner ständigen Regeneration erforderliche Material zuführen, und es gehören dahin die Milch, das Brod, der Reis, das Stärkmehl u. s. w.; diese dagegen solche, die an und für sich dem Organismus wenig oder gar keinen Nahrungsstoff zuführen, dennoch aber irgend wie modificirend, fördernd oder störend, in die Ernährungsvorgänge eingreifen. Es gehören dahin der Caffee, der Thee, der Wein u. s. w. —

Keineswegs ist nun aber ein jedes Nahrungsmittel im eigentlichen Sinne des Wortes an und für sich schon genügend, um den Anforderungen des Organismus zu entsprechen. Wir wissen, daß der gesammte thierische Organismus aus gewissen stickstoffhaltigen, gewissen stickstofffreien und gewissen unorganischen Verbindungen besteht, wissen ferner, daß täglich von jeder Classe dieser Verbindungen eine gewisse

Menge verbraucht und aus dem Organismus ausgeschieden wird, und soll also ein Nahrungsmittel allen Anforderungen des letzteren entsprechen, so muß es auch in seiner Zusammensetzung sowohl stickstoffhaltige, als stickstofffreie und *bestimmte* unorganische Verbindungen enthalten. Derartige Nahrungsmittel giebt es aber nur wenige, und daß mit dem ganz stickstofffreien Stärkmehl oder Zucker, oder mit dem sehr stickstoffreichen Kalbfleisch, Käse u. s. w. kein Mensch ausschließlich ernährt werden kann, ist darnach eben so klar, als der wesentliche Grund, weshalb die zuträglichste Nahrung des Menschen eine gemischte, d. h. aus animalischen (stickstoffreichern) und vegetabilischen (stickstoffärmern) Stoffen zusammengesetzte ist.

Doch nicht nur das. Der menschliche Organismus bedarf nicht nur gewisser stickstoffhaltiger, stickstofffreier und anorganischer Verbindungen überhaupt, er verlangt auch, daß ihm dieselben in gewissen *relativen Mengenverhältnissen* dargeboten werden, und so gewiß, als die Richtigkeit und Zuträglichkeit eines diätetischen Verhaltens oder einer diätetischen Vorschrift von der Beachtung dieses relativen Mengenverhältnisses der in Frage stehenden Verbindungen abhängig ist, erfordert auch seine Kenntniß und wissenschaftliche Feststellung die sorgfältigste Aufmerksamkeit. — Ist uns dieses wichtige Verhältniß bereits bekannt?

Es würde keine schwierige Aufgabe sein, aus der genauen Analyse der Ausscheidungsproducte des Organismus zu bestimmen, in welchen relativen und absoluten Mengenverhältnissen die verschiedenen Verbindungen in je 24 Stunden vom Organismus verbraucht werden, und es ist in der That auch der Weg dieser Bestimmung bereits mehrfach eingeschlagen. Allein die Natur hat uns die Aufgabe in einer Beziehung leichter gemacht. Es giebt ein Nahrungsmittel, von dem wir mit Bestimmtheit wissen, daß es allen Anforderungen des jugendlichen, im Wachsthum begriffenen Organismus genügt, ein Nahrungsmittel, von dem wir also auch schließen müssen, daß es nicht nur alle zur Ernährung und zum Aufbau des menschlichen Organismus erforderlichen Bestandtheile überhaupt enthält, sondern daß es dieselben auch in einer normalen Proportion, einem normalen relativen Mengenverhältniß in sich schließt. Dieses Nahrungsmittel ist die Muttermilch,

und die genaue Kenntniß ihrer Zusammensetzung wird uns also auch sagen, nicht nur welche Stoffe der kindliche Organismus zu seiner Ernährung überhaupt bedarf, sondern in welchem relativen Verhältniß dieselben auch stehen müssen, um einen gesunden Ernährungsproceß zu bedingen. Wir wissen nun aber schon aus dem voranstehenden Vortrage, daß die stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe in der Muttermilch durch Käsestoff und wenig Eiweiß, die stickstofffreien durch den Milchzucker und die Butter, die anorganischen aber insonderheit durch phosphorsauren Kalk, phosphorsaure Magnesia, Chlorkalium, Chlornatrium und phosphorsaures Eisenoxyd vertreten sind, und fragen wir nach dem relativen Mengenverhältniß derselben, und insonderheit nach dem der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen, so haben uns die Arbeiten von Vernois und Becquerel, Lehmann, Simon u. A. gelehrt, daß in 100 Th. Frauenmilch:

87—90 Th. Wasser,
3,3 „ Käsestoff und Eiweiß,
4,3 „ Milchzucker,
3,4 „ Butter, und etwa
0,6 „ unorganische Verbindungen, deren

durchschnittliches relatives Mengenverhältniß noch eine genaue Feststellung erheischt, enthalten sind. — Hätten nun die beiden hier in Frage stehenden stickstofffreien Verbindungen, der Milchzucker und die Butter, einen gleichen Ernährungswerth, so würde die einfache Berechnung ergeben, daß sich in der Milch die stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Verbindungen verhalten, wie 3,3 : 7,7, also etwa wie 1 : 2,3. Allein dem ist nicht so. Milchzucker und Butter besitzen, in Folge eines verschiedenen Gehaltes an Kohlenstoff, einen ungleichen Nahrungswerth, und zwar ist der Kohlenstoffgehalt der Butter um so viel höher, als der des Milchzuckers, daß 1 Theil Butter dem Organismus eben so viel leistet, als 2,4 Th. Milchzucker. 3,4 Th. Butter sind demnach in Bezug auf die Ernährung gleichwerthig mit 8,1 Th. Milchzucker. Darnach aber würde sich, — die Butter als Milchzucker berechnet, — die gesammte Menge der in 100 Th. Milch enthaltenen stickstofffreien Verbindungen auf 12,4 Th. belaufen, und es stehen demnach in der Frauen-

milch die stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen, die letztern als Milchzucker berechnet, in einer Proportion von 3,3 : 12,4 oder von 1 : 3,75, ein Verhältniß, welches von dem von Liebig*) angegebenen = 1 : 4 nur wenig differirt.

Bei der stets wechselnden Beschaffenheit der Milch, selbst eines und desselben Thieres oder einer und derselben Frau, — so wies Prof. Bödecker in Göttingen kürzlich noch darauf hin, daß die Abendmilch der Kuh in der Regel bedeutend fettreicher ist, als die Morgen- und Mittagsmilch —, ist es überaus schwierig, ganz bestimmte Mittelzahlen zu gewinnen. Das angegebene Verhältniß der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Nahrungsbestandtheilen von 1 : 3,7—4 läßt sich jedoch wohl ohne Frage als das für den kindlichen, im Wachsthum begriffenen Organismus Geltung habende bezeichnen, vorausgesetzt, daß man, wie es für solche Angaben und Berechnungen erforderlich ist, die stickstofffreien Substanzen als gleichwerthiges Material, und hier zwar als Milchzucker, in Anschlag bringt. — Bleibt dieses Verhältniß nun aber für die ganze Lebenszeit dasselbe? Erfordert auch der Erwachsene eine Nahrung, in welcher stickstoffhaltige und stickstofffreie Substanzen in der Proportion von 1 : 3,7—4 enthalten sind? Schon a priori läßt sich schließen, daß dem nicht so sein kann, denn der im Wachsthum begriffene Organismus macht offenbar andre Ansprüche an die Nahrungsmittel, als der erwachsene. Daß sich das Verhältniß aber auch thatsächlich anders für den Erwachsenen gestaltet, hat der Verfasser durch eine genaue Zusammenstellung der in 25 größern Erziehungs-, Verpflegungs- und andern Anstalten London's befolgten Diäten und Berechnung derselben auf ihren Gehalt an stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheilen nachzuweisen versucht. **) Aus diesen Berechnungen ergab sich, daß in den Nahrungsmitteln der Erwachsenen in London die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile in einem Mengenverhältniß von 1 : 4,02 — 1 : 5,8, im Mittel also in einem Verhältniß von 1 : 4,9 oder 1 : 5 stehen, und es scheint nach andern

---

*) Chemische Briefe 1851. S. 463.

**) S. Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde. Bd. XII. S. 409.

seitdem angestellten ähnlichen Berechnungen, daß dieses Verhältniß für die gemäßigte Zone ziemlich überall Geltung hat. *)

Es wird demnach die nächste Aufgabe einer rationellen Diätetik sein, die verschiedenartigen Nahrungsmittel der gesunden Einwohner der gemäßigten Zone der Art auszuwählen und zusammenzumischen, daß die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile derselben für das neugeborne Kind in der Proportion von 1 : 4 stehen, und, bis zum Erwachsenen fortschreitend, nach und nach in die Proportion von 1 : 5 treten, die sämmtlichen stickstofffreien Substanzen immer wieder als gleichwerthig, d. h. in der Form von Milchzucker oder des ihm gleichwerthigen Stärkmehls, in Rechnung gebracht. Um aber eine solche Auswahl und Mischung vornehmen zu können, ist es erstes und nothwendigstes Bedürfniß, die Zusammensetzung der verschiedenen, überhaupt gebräuchlichen Nahrungsmittel, und insonderheit das Mengenverhältniß der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen derselben zu kennen, und was uns in letzterer Beziehung neuere Analysen der Nahrungsmittel und deren Berechnung ergeben haben, läßt sich leicht in nachstehenden Zahlenangaben zusammenfassen. Es finden sich nämlich:

	stickstoffhalt. Bestandtheile		stickstofffr. Bestandtheile (a. Stärkmehl berechn.)
in der Frauenmilch	1	:	3,75—4
„ „ Kuhmilch	1	:	3
„ dem Ochsenfleisch	1	:	1,7
„ „ gemästeten Schweinefleisch .	1	:	3
„ „ „ Schaaffleisch .	1	:	2,7
„ „ Hasenfleisch	1	:	0,2
„ „ Kalbfleisch	1	:	0,1
„ „ Käse	1	:	2,6

*) Dr. von Mandach fand in den Nahrungsmitteln der Pfründner des Heil. Geist-Hospitals in Schaffhausen ein Verhältniß von 1 : 4,3; in denen der Einwohner des Armen-, Corrections-, Siechen- und Waisenhauses durchschnittlich ein Verhältniß von 1 : 4,9. —

	stickstoffhalt. Bestandtheile		stickstofffr. Bestandtheile (a. Stärkmehl berechn.)
in den Linsen	1	:	2,1
„ „ Pferdebohnen	1	:	2,2
„ „ Erbsen	1	:	2,3
„ dem Waizenmehl	1	:	4,6
„ „ Hafermehl	1	:	5
„ „ Roggenmehl	1	:	5,7
„ „ Gerstenmehl	1	:	5,7
„ „ Buchweizenmehl	1	:	13,0
„ den weißen Kartoffeln	1	:	8,6
„ dem Reis	1	:	12,3
„ den Runkelrüben	1	:	7,4
„ „ weißen Rüben	1	:	6,5
„ „ Kohlrüben (Brassica napobrassica	1	:	9,4
„ „ Möhren (Daucus carota)	1	:	7,8

u. s. w. u. s. w. *)

Diese Verhältnißzahlen bilden in der That das A B C einer rationellen Diätetik, und wie die Zusammensetzung verschiedener Medicamente, so sollten auch sie, jedem Arzte wenigstens, vollkommen geläufig sein. — Sie weisen z. B. darauf hin, daß wenn ein Kind mit Kuhmilch aufgefüttert werden soll, dieser Milch eine gewisse Quantität eines stickstofffreien Nahrungsstoffes, also Zucker oder Stärkmehl u. s. w. zugesetzt werden muß, damit die Proportion 1 : 3, welche sich in der Kuhmilch findet, in die von 1 : 4, wie sie für die Frauenmilch Geltung hat, umgewandelt wird. Sie lehren uns in einem andern Falle, daß, um für den Erwachsenen die Proportion von 1 : 4,5 — 1 : 5 zu erhalten, das stickstoffreiche Kalbfleisch stets mit einem stickstoffarmen

---

*) Diese Angaben sind zum Theil Liebig's chemischen Briefen a. a. O. entlehnt, zum Theil nach Analysen von Horsford, Krocker u. A. berechnet. — Näheres über die Zusammensetzung der Nahrungsmittel findet sich in Frerichs' Artikel „Verdauung" in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Falck's Arzneimittellehre, Moleschott's: Die Nahrungsmittel des Volks u. s. w.

Nahrungsmittel also z. B. mit Reis, verbunden werden muß, neben den stickstoffreichen Hülsenfrüchten dagegen gar kein oder wenigstens nur sehr fettreiches Fleisch (z. B. fettreicher Schinken) genossen werden darf. Und fragen wir in einem noch andern Falle nach dem Brode, so sagen sie uns, daß das Waizenbrod stickstoffhaltige und stickstofffreie Bestandtheile in der Normalportion enthält, und daß also der Zusatz von Butter zu ihm nur dann ein richtiger ist, wenn es gleichzeitig mit Fleisch oder Käse genossen wird, denn Waizenbrod mit Butter allein würde ein Verhältniß liefern, in dem sich die Zahl für die stickstofffreie Substanz zu hoch beläuft. — Wunderbarer Weise hat nun aber auch ein natürlicher Instinkt unsere Küchenzettel der Art geregelt, daß sich bei einer irgendwo in unserer Zone vorgenommenen Berechnung der fraglichen Verhältnisse meistens auch die Normalproportion der stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile herausstellt, und ist dies nicht durchweg an jedem einzelnen Tage oder gar bei jeder einzelnen Mahlzeit der Fall, so ergiebt doch der Wochendurchschnitt, so weit Berechnungen angestellt sind, das erforderliche Verhältniß von 1 : 5. So verbinden wir, um nur ein einzelnes Beispiel anzuführen, das Ochsenfleisch in der Regel mit Kartoffeln. Während aber in jenem die stickstoffhaltige Substanz sich zur stickstofffreien verhält, wie 1 : 1,7, weisen diese ein Verhältniß von 1 : 8,6 auf; beide zusammen liefern demnach die Proportion von 2 : 10,3 oder von 1 : 5,1, und die Richtigkeit der Mischung ist damit, in dieser einen Beziehung wenigstens, verbürgt. — In den in fünfundzwanzig durchaus verschiedenen Anstalten Londons vorschriftsmäßig eingehaltenen Diäten fand der Verfasser, wie erwähnt, die wöchentlichen Durchschnitte des Verhältnisses der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Substanzen nur zwischen 4,2—5,8 schwankend; die erstere Proportion fand sich in dem „Hospital for consumption,“ die zweite in dem Hackney Workhouse. Nicht die wissenschaftliche Theorie, nur die praktische Erfahrung oder der Instinkt hat diese Diäten geregelt, und daß sich ähnliche Verhältnisse überall finden werden, ist kaum zu bezweifeln. Bedarf es aber hiernach noch des besondern Beweises, weshalb schon lediglich bezüglich dieses Verhältnisses eine fast ausschließliche Kartoffelnahrung, oder ein vorwiegender Genuß von Buchweizenmehl den Organismus

nicht nur nicht zu bedeutenden Leistungen befähigt, sondern dem Siechthum entgegenführen muß? Weshalb ferner Thiere, die lediglich mit Stärke oder mit Zucker, oder auch mit fettfreiem Fleisch gefüttert wurden, kränkelten, abmagerten und zu Grunde gingen?*) —

Wir erwähnten bereits, daß verschiedene Lebensverhältnisse sehr verschiedene Modificationen der Diät erforderlich machen. Wir wissen, daß anstrengende geistige oder körperliche Thätigkeit eine größere Menge stickstoffhaltiger Nahrungsstoffe erforderlich macht, als ein träges Verhalten (s. S. 355). Es ist ferner durch Lehmann's u. A. treffliche Arbeiten festgestellt, daß in feuchten und kalten Klimaten die Kohlensäureausgabe größer ist, als in trockenen, und es folgt daraus, daß in jenen der einzelne Mensch mehr stickstofffreie Nahrungsmittel bedarf, als in diesen. Aber auch in dieser Beziehung hat, wie es scheint, der Instinkt und die praktische Erfahrung meistens auf den richtigen Weg geführt. So enthält die vorschriftsmäßige, quantitativ sehr hoch stehende Diät der jugendlichen, stark durch militairische Exercitien zur See in

---

*) Des Beispiels halber möge hier die Berechnung einer Diät auf ihren Gehalt an stickstoffhaltiger und stickstofffreier Substanz Platz finden. — Selbstverständlich muß bei all diesen Berechnungen zunächst der Wassergehalt der Nahrungsmittel in Abzug gebracht werden. Von den Getränken (Thee und Bier) ist abgesehen.

In dem Royal Hospital, Chelsea, einer Verpflegungsanstalt für alte Soldaten, werden wöchentlich genossen:

		wasserfrei	stickstoffh. Subst.	stickstofff. Subst.	
Fleisch . .	60 U.	= 18 U.	enthalt.: 6,7 U.	und 11,3 U.	
Brod . .	112 „				
. diese enthalten:					
Mehl . .	87 „	= 74,8 „	„ 13,3 „	„ 61,4 „	
ferner:					
Kartoffeln.	112 „	= 28,0 „	„ 2,9 „	„ 25,1 „	
Zucker . .	8,75 „	= 8,75 „	„ 0,0 „	„ 8,75 „	
Mehl . .	7 „	= 6,02 „	„ 1,08 „	„ 4,94 „	
Fett . . .	4 „	= 4,00 „	„ 0,00 „	„ 9,60 „	(a. Stärkmehl berechnet)
Milch . .	30 „	= 3,9 „	„ 0,93 „	„ 2,92 „	
Käse . .	8 „	= 5,44 „	„ 1,51 „	„ 3,90 „	
			26,42 U.	: 127,91 Unzen.	
			= 1 „	: 4,8 „	

Anspruch genommenen Seeleute auf dem alten Nelson'schen Kriegsschiff in Portsmouth „The Victory," stickstoffhaltige und stickstofffreie Bestandtheile nach des Verfassers Berechnung in einem Verhältniß von 1 : 4,3; während die gleichfalls vorschriftsmäßige Diät der älteren, in dem meistens feuchten und kälteren Oldenburger Klima lebenden und in Oldenburg selbst casernirten Soldaten in einer Woche ein Verhältniß von 1 : 7,0 und in der andern von 1 : 4,7, durchschnittlich also von 1 : 5,8 aufweist, ein Verhältniß, bei welchem sich die Soldaten, wiewohl die stickstofffreien Bestandtheile sehr hoch stehen, dennoch im Ganzen nicht nur gesund, sondern selbst sehr wohl befinden sollen. — Verbinde man also bei bedeutenden körperlichen und geistigen Anstrengungen die verschiedenen Nahrungsmittel (in der gemäßigten Zone) der Art, daß sich das Verhältniß der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen etwa auf 1 : 4,3—4,5, in feuchten und kalten Klimaten der Art, daß es sich, wechselnd wieder je nach der Thätigkeit, auf 1 : 5—1 : 5,5 beläuft, und man wird sich im Allgemeinen nicht weit von der physiologischen Norm entfernen. Und wahrlich, wenn man erst einmal beginnen wird, bei Feststellung diätetischer Vorschriften für Verpflegungs-Anstalten, Arbeitshäuser, Erziehungsanstalten, casernirte Soldaten u. s. w. auf diese Verhältnisse Rücksicht zu nehmen, wenn man es unternehmen wird, in sorgsamer Ueberwachung des Volkslebens die gebräuchlichen Nahrungsmittel derselben von diesem Gesichtspunkte aus zu prüfen und zu beurtheilen, und nöthigenfalls zu corrigiren, es wird und muß sich der Erfolg solcher Umsicht in dem Heranwachsen eines gesunden und kräftigen Volkes, in der Verminderung der die Menschheit frühzeitig decimirenden chronischen Krankheiten zu erkennen geben. Und ist es der Armuth oftmals unmöglich, die für ein gesundes körperliches und geistiges Gedeihen erforderlichen diätetischen Vorschriften zu befolgen, kann es für den Staat eine höhere und ernstere Aufgabe geben, als geeignete Mittel und Wege ausfindig zu machen, um solche Unmöglichkeit hinwegzuräumen? —

Wir zogen bis dahin nur die organischen, die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile der Nahrungsmittel in Betracht. Doch es ist bei der Bestimmung irgend welcher diätetischer Vorschriften noch eine zweite Rücksicht zu nehmen. Nicht minder wichtig als die organischen,

sind die unorganischen, die mineralischen Bestandtheile der Nahrungsmittel. Wir wissen, daß zur Heranbildung eines gesunden Blutes, und also eines gesunden Körperbildungsmateriales, unter allen Umständen gewisse Mengen von Eisen, von phosphorsauren Salzen und namentlich von phosphorsauren Erden, und von Chlorverbindungen erforderlich sind. Die Milch, die den Säugling nährt, enthält alle diese Bestandtheile, und ein Fehler in der Mischung derselben wird und muß in irgend welcher Weise den Ernährungsproceß des Kindes beeinträchtigen. Verhält es sich mit der Nahrung des Erwachsenen aber nicht eben so? Wird eine Nahrung, welche arm ist an diesen oder jenen unorganischen Verbindungen oder derselben gänzlich ermangelt, trotzdem daß sie stickstoffhaltige und stickstofffreie Verbindungen in der richtigen Proportion enthält, den Anforderungen des Organismus entsprechen können? Wird bei eisenarmer Nahrung die Bildung der Blutkörperchen ungestört von Statten gehen? Wird der Zellenbildungsproceß bei einem Mangel an phosphorsauren Erden unbeeinträchtigt bleiben können? — Es enthalten nun aber unsere gebräuchlichen Nahrungsmittel diese unorganischen Bestandtheile in sehr verschiedenen Mengenverhältnissen, ja manchen Nahrungsmitteln fehlen diese oder jene der genannten Bestandtheile gänzlich. Kann es also weiter fraglich sein, daß auch die genaue Kenntniß der Nahrungsmittel in dieser Beziehung für den Diätetiker eine unerläßliche Nothwendigkeit bildet? — Gedenken wir nur einiger hierhergehöriger analytischer Ergebnisse, so findet sich das zur Bildung der rothen Blutkörperchen unumgänglich erforderliche Eisenoxyd (in Verbindung mit Phosphorsäure) in allen rothen Fleischsorten in hinreichender Menge; so namentlich im Rindfleisch, im Wild u. s. w. Das Kalbfleisch enthält dagegen $1/3$ weniger Eisen, als das Rindfleisch, und Käse, Eier, und namentlich Fische enthalten verhältnißmäßig noch weit weniger. Unter den vegetabilischen Nahrungsmitteln enthalten die Getreidesaamen (Cerealien), und somit auch das Brod, fast eben so viel Eisenoxyd, als das Rindfleisch, und die Hülsenfrüchte (Leguminosen) stehen denselben nicht viel nach. Die Kartoffeln aber sind sehr arm daran, während die Rüben und Wurzeln wieder einen genügenden Gehalt davon besitzen. — Die phosphorsauren Alkalien kommen mehr oder weniger in allen Nahrungsmitteln

vor. Allein ihr Mengenverhältniß ist ebenfalls sehr wechselnd. Das phosphorsaure Kali ist in der Regel vorherrschend, und überwiegt das phosphorsaure Natron bedeutend. Es beträgt aber in der Asche des Ochsenfleisches 76 Proc. der gesammten Asche (d. i. der gesammten Mineralbestandtheile); im Rehfleisch 72,4 Proc.; im Hühnerfleisch 84,7 Proc.; im Waizen und Roggen circa 70 Proc.; in den Hülsenfrüchten ca. 60 Proc.; in den Kartoffeln ca. 24 Proc. und in den pectinreichen Nahrungsmitteln (Möhren, Rüben u. s. w.) nur etwa 12 Proc. — Nicht minder verschieden sind die Mengenverhältnisse der für den Aufbau der Gewebe so überaus wesentlichen phosphorsauren Erden: des phosphorsauren Kalkes und der phosphorsauren Magnesia. Es giebt kaum ein Nahrungsmittel, welches nicht bestimmte Mengen derselben enthielte. Während aber das Fleisch vorzugsweise reich an ihnen ist (12—14 Proc. der Asche), sind die Leguminosen schon ärmer daran, und die Kartoffeln enthalten weniger als 9 Proc. in der Gesammtasche. Rüben und Möhren, und nicht minder die Cerealien stehen dem Fleische nahe, doch wiegt in den letztern häufig die Magnesia zu sehr vor. Chlornatrium oder Kochsalz ferner findet sich in den meisten Nahrungsmitteln nicht in genügender Menge. Es fehlt namentlich in den Vegetabilien fast ganz, während das Fleisch in 100 Th. Asche doch 4—6 Proc. Chloralkalien enthält. Der Zusatz von Kochsalz zu unsern Speisen, und namentlich den vegetabilischen, wird aus diesem Grunde fast zur unerläßlichen Nothwendigkeit, da der Organismus sowohl des Chlors, als des Natrons zur Bildung von Salzsäure im Magen und zur Bildung der verschiedenen Natronverbindungen in Blut, Galle u. s. w. bedarf. Doch sei es bemerkt, daß auch Donders vielleicht nicht ganz Unrecht hat, wenn er den Salzgenuß zum großen Theil als Sache der Angewöhnung bezeichnet; denn fast die ganze Menge Kochsalz, die wir täglich mit unsern Speisen genießen, wird mit dem Harn wieder ausgeschieden, und ein gewisses, im Organismus einmal vorräthiges Quantum kann möglicherweise in Folge stets wiederholter Trennungen und Wiedervereinigungen des Chlors und des Natrons den obigen Anforderungen der Magensaftbildung u. s. w. genügen. *)

*) Vgl. S. 319 (unten).

Schwefelsäure und schwefelsaure Salze ferner, deren physiologische Bedeutung wir übrigens noch nicht genügend übersehen, finden sich in den animalischen Nahrungsmitteln in nur sehr geringer Menge vor. In den Cerealien fehlen sie fast ganz; reichlich sind sie dagegen in den Hülsenfrüchten vertreten. — Endlich finden sich noch kohlensaure und pflanzensaure Salze, doch nur in den vegetabilischen Nahrungsmitteln vor. Die citronensauren, äpfelsauren, weinsauren und andere Salze sind uns als solche pflanzensaure Salze bekannt, und daß mehr oder weniger die ganze Menge der in unsern Früchten vorkommenden Säuren mit Kali oder Natron zu diesen Salzen verbunden sind, wurde schon früher bemerkt.

Diese wenigen analytischen Data weisen schon mit Bestimmtheit darauf hin, daß in Betreff der unorganischen Bestandtheile zwischen den einzelnen Nahrungsmitteln die größten Differenzen bestehen, daß sich namentlich die vegetabilische und die animalische Kost in dieser Beziehung sehr beträchtlich von einander unterscheiden. Wird sich ihnen zufolge bei einer eisenarmen Kartoffelnahrung ein gesundes Blut bilden können? Wird, wo es auf Blutkörperchenbildung abgesehen ist, das Rindfleisch nicht den Vorzug verdienen müssen vor dem Kalbfleisch? — Ist nicht überhaupt die animalische Kost, abgesehen von ihrem größeren Reichthum an stickstoffhaltigen Verbindungen, fast ausschließlich mit all jenen unorganischen Bestandtheilen versehen, welche für den Aufbau der Gewebe des thierischen Organismus so überaus nothwendig sind, mit Eisen, Phosphorsäure, Kali, Kalk und Chlorverbindungen? — Es enthalten allerdings auch manche Vegetabilien all diese Bestandtheile. Der Organismus eines Pflanzenfressers würde sich nicht bilden können, wenn dies nicht der Fall wäre. Allein um den Organismus ausschließlich mit vegetabilischer Kost die erforderliche Menge organischer sowohl, als unorganischer Verbindungen zuzuführen, ist, in Folge des hohen Wassergehaltes der Vegetabilien, eine Quantität derselben erforderlich, welche der menschliche Verdauungsapparat andauernd nicht zu bewältigen vermag, und wenn außerdem die meisten vegetabilischen Nahrungsmittel in Folge ihrer physikalischen Beschaffenheit schwerer verdaulich sind, als die animalischen, so liegt darin, abgesehen vielleicht von den Leguminosen und Cerealien, ein zweiter Grund, weshalb wir im Thier-

reich immer und zum größten Theile unser gewebebildendes Material zu suchen haben.

Ueber den Nutzen oder Nachtheil der dem Organismus mit vielen Vegetabilien zugeführten pflanzensauren Salze läßt sich bis dahin noch nicht mit aller Bestimmtheit entscheiden. Wir wissen, daß die Kartoffeln, die verschiedenen Obstarten und manche Gemüsefrüchte reich an ihnen sind, wissen, daß sich diese Salze im Organismus in kohlensaure Salze verwandeln, und diese als solche mit dem Harn ausgeschieden werden, wissen endlich, daß eine an pflanzensauren Alkalien gänzlich arme Nahrung zur Entwicklung scorbutischer Zustände Anlaß giebt. Nach einer Mahlzeit von frischen Früchten oder nach einem reichlichen Kartoffelgenuß sieht man den Harn des Menschen sofort alkalisch werden; und wenn man es im Hackney Workhouse in London zu einer Zeit sehr hoher Kartoffelpreise versuchte, die Kartoffeln ebensowohl, wie andere frische und pflanzensaure Salze enthaltenden Gemüse aus der Diättabelle zu entfernen, alsbald aber Scorbut unter den Einwohnern des Hauses ausbrach, und dieser wieder schwand, als man die Kartoffeln wieder anschaffte, so mag damit nur ein einzelnes Beispiel für die letztangeführte Behauptung gegeben sein. Ein genaueres Studium der Wirkungsweise dieser Salze muß uns jedoch noch belehren, in welcher Weise dieselben, in größerer oder geringerer Menge genossen, auf die Metamorphose der stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile des Organismus influiren, denn höchstens als wahrscheinlich läßt es sich bis dahin bezeichnen, daß die pflanzensauren Salze fördernd auf die fraglichen Metamorphosen einwirken. Erhebt sich diese Wahrscheinlichkeit zur Gewißheit, so liegt darin ein Hinweis, daß ein reichlicher Genuß pflanzensaurer Salze und also derjenigen Vegetabilien, welche reich an ihnen sind, nur da zu empfehlen ist, wo es auf eine Beschleunigung der rückbildenden Metamorphose des Körpermateriales ankommt, und umgekehrt ein solcher Genuß schädlich sein muß, wo die Umstände einen sparsamen Verbrauch des Körpermaterials erheischen. Daß aber ein mäßiger Genuß derselben, eine Verbindung also der vegetabilischen Kost mit der animalischen, nicht nur richtig, sondern selbst erforderlich ist, wird dann nicht nur durch die eben erwähnte praktische Erfahrung, sondern auch theoretisch begründet sein, denn neben den Materialien, welche für

den Aufbau des Organismus Sorge tragen, wird derselbe immer auch solcher Substanzen bedürfen, die dem normalen Ablauf der nothwendigen Rückbildungsvorgänge Vorschub leisten. —

Wir haben endlich noch einer weitern Rücksichtsnahme bei der qualitativen Bestimmung einer Diät zu gedenken. Schon a priori läßt sich vermuthen, daß, wie jeder den Organismus treffende Einfluß, so auch die Nahrungsmittel einen besonderen Einfluß auf das Nervensystem ausüben, und daß dieser Einfluß je nach den verschiedenen chemischen Bestandtheilen der Nahrungsmittel selbst ein äußerst verschiedener sein muß, ist von vorn herein nicht minder wahrscheinlich. In der That lehrt nun aber auch die Erfahrung, daß dem so ist, und nur um so mehr, als die hohe Bedeutung der Zustände des Nervensystems für den gesammten Lebensproceß, für den Ablauf der Metamorphosen des Körpermaterials, außer aller Frage liegt, bedarf es einer genauen Kenntniß und Berücksichtigung dieser verschiedenen Verhältnisse.

Ganz im Allgemeinen läßt sich mit Sicherheit behaupten, daß allein die animalische Kost den Menschen zu bedeutenden geistigen und körperlichen Kraftleistungen befähigt, daß sie dem Nervensystem eine directe Anregung giebt, und allein auch demselben diejenigen Bestandtheile in geeignetem Mengenverhältniß zuführt, deren es zu seiner ständigen Regeneration bedarf. Der Arbeiter, sei es der körperlich oder geistig angestrengte, kann deshalb der animalischen Kost nicht entbehren, und wenn es bekannt ist, daß fleischfressende, wilde Thiere bei vegetabilischer Kost zahm, bei wieder eintretender animalischer Kost aber wieder wilder werden,*) wenn es feststeht, daß Fleisch und Brod essende Völker eine körperlich sowohl, als geistig größere Energie besitzen, als diejenigen, welche sich vorzugsweise von Reis und Südfüchten nähren, wenn es nicht fraglich ist, daß eine fast ausschließliche Kartoffelnahrung, — die traurige Zuflucht verarmter Districte in Zeiten der Noth —, nicht nur den gesammten Ernährungsproceß beeinträchtigt, sondern auch geistige und körperliche Schlaffheit herbeiführt, so liegen darin genügende Beweise für die aufgestellte Behaup-

*) Vgl. Liebig, chemische Briefe. 1851. S. 600.

tung.*) Wohl bietet die stickstoffarme vegetabilische Nahrung unter Umständen dem Organismus ein Material, durch welches der Lebensproceß im Gange erhalten werden kann; aber die sich in dieser Weise nährenden Individuen sind schläfrig und langsam im Denken und Handeln, und wir stehen nicht an zu behaupten, daß ein Zuviel von stickstofffreien Substanzen Ballast ist für die Functionen des Nervensystems. — Läßt sich aber jene Einwirkung der animalischen Kost auf bestimmte Bestandtheile zurückführen? Ist der anregende Einfluß, welchen sie auf das Nervensystem ausüben, Folge bestimmter organischer oder unorganischer Bestandtheile? Zum Theil scheint dem allerdings so zu sein; hüte man sich jedoch vor voreiligen Schlüssen! — Sollen das Nervensystem und der Muskel andauernd zu bedeutenden Leistungen befähigt bleiben, so bedürfen sie auch ständig der Zufuhr all der Materialien, aus denen sie sich regeneriren und aufbauen können, und diese Materialien liefert das Fleisch in summa, weniger aber, oder wenigstens nicht vorzugsweise, vermöge einzelner seiner Bestandtheile. Empfinden wir dagegen unmittelbar oder sehr bald nach dem Genuß von Fleischspeisen eine gewisse Kräftigung oder Erregung, so dürfen diese als Wirkung bestimmter Bestandtheile des Fleisches angesehen werden, und dieses sind sonder Zweifel jene stickstoffhaltigen Stoffe, welche wir früher (s. S. 307) als integrirende Mischungsbestandtheile des Fleischsaftes kennen lernten. Das Kreatin und Kreatinin üben, wie es scheint, eine durchaus ähnliche Wirkung auf das Nervensystem aus, wie das Theïn des Thees, oder das Caffeïn des Caffees, Substanzen, welche sämmtlich auch manche chemische Eigenschaften gemein haben;**) und wenn wir wissen, daß gerade die Bouillon oder Fleischbrühe eine insonderheit anregende Wirkung auf das Nervensystem ausübt, so mag dieselbe auch eben darauf beruhen, daß sie jene Bestandtheile des Fleischsaftes enthält. Ob wir aber dabei schon stehen bleiben dürfen, um die fraglichen Wirkungen der animalischen Kost zu erklären? — Eine reichhaltige animalische Nahrung ist sonder Zweifel unter gesunden Verhältnissen von einer

*) Vgl. die treffliche Schrift von Mulder: „Die Ernährung in ihrem Zusammenhange mit dem Volksgeist.“ Utrecht 1827. —

**) Vgl. Liebig, chemische Briefe. 1851. S. 609.

reichlichen Blutkörperchenbildung begleitet. Wir haben es früher (S. 265) als überaus wahrscheinlich bezeichnet, daß die Bestandtheile der untergehenden Blutkörperchen wesentlich bei der Bildung der Galle betheiligt sind, und die Menge derselben scheint in der That bei solcher Kost gesteigert zu sein. Wird nun aber der größte Theil der Galle vom Darmcanal aus in das Blutgefäßsystem aufgenommen, zerfällt die Galle, dem Blute beigemischt, in gewisse, noch nicht näher bestimmbare Bestandtheile, ist es dann nicht möglich und nach Budge's vorläufigen Versuchen *) sogar wahrscheinlich, daß eben diese Bestandtheile auf das Nervensystem einen anregenden Einfluß ausüben, und sich somit erst im Organismus selbst aus den animalischen Nahrungsmitteln die auf das Nervensystem wesentlich influirenden Verbindungen hervorbilden?

So also hat eine rationelle Diätetik nicht nur Rücksicht zu nehmen auf ein richtiges relatives Mengenverhältniß der dem Organismus zugeführten stickstoffhaltigen und stickstofffreien Verbindungen, sie hat ihre Aufmerksamkeit insonderheit auch den unorganischen Bestandtheilen der Nahrungsmittel zuzuwenden und nicht minder dem bedeutungsvollen Einfluß, den ein jedes Nahrungsmittel, in Folge seiner integrirenden Bestandtheile oder seiner Metamorphosen im Organismus, auf diesen selbst, und insonderheit auf das Nervensystem ausübt. Die ausführlichere Darlegung dieser Verhältnisse wird Aufgabe einer besondern Arbeit bleiben müssen, und wir dürfen und wollen es uns nicht verhehlen, daß noch manche sorgfältige Untersuchung, manches physiologische Experiment, und zwar an den verschiedensten Individuen erforderlich ist, bevor wir zu einem befriedigenden Abschluß der vorliegenden Fragen gelangen können. — Doch unsre Nahrungs- und Genußmittel bestehen nicht nur aus den bisher allein in Betracht gezogenen sog. festen Nahrungsmitteln. Tagtäglich führen wir dem Organismus auch eine nicht unbedeutende Menge verschiedenartiger Getränke zu, und daß diese, wenn auch an und für sich ohne bedeutenden Nahrungs-

---

*) In Froriep's Tagesberichten 1852 Nr. 475 theilt Budge zwei vorläufige Notizen mit, in deren einer die Galle als starkes Reizmittel für Muskeln und Nerven bezeichnet wird. Frische Galle, und noch mehr die Gallensäuren, in Verbindung gebracht mit Muskel und Nerven, erzeugten heftige Zuckungen. —

werth, dennoch auf den Organismus und damit auch auf den Ernährungsproceß einen nicht unbedeutenden Einfluß ausüben, daß die genaue Kenntniß auch dieser Wirkungen ein nothwendiges Requisit für den Diätetiker bildet, ist gewiß. Es liefern die verschiedenen Getränke, deren sich der Mensch bedient, dem Organismus nicht nur etwa diejenige Menge von Wasser, deren derselbe für den normalen Ablauf der chemischen Bildungsvorgänge in seinem Innern, als eines Vehikels, bedarf; ein jedes Getränk, und selbst unser gewöhnliches Trinkwasser, enthält vielmehr gleichzeitig auch stets eine gewisse Menge unorganischer Bestandtheile, und wenn schon diese für den Ernährungsproceß nicht gleichgültig sind, so sind es noch weniger diejenigen eigenthümlichen Bestandtheile, welche manche unserer alltäglichen, mehr durch den Instinkt des Menschen, als durch Angewöhnung oder Luxus eingeführten Getränke, dem Organismus zuführen. — Nur in aller Kürze wollen wir uns von diesen Verhältnissen eine allgemeine Anschauung zu verschaffen suchen.

Was zunächst das gewöhnliche Trinkwasser anbetrifft, so ist dasselbe je nach dem Boden, aus welchem es stammt, sehr verschieden. Wird es einem kreidehaltigen Boden entzogen, so enthält es vorzugsweise kohlensauren Kalk, hat den sog. harten Geschmack, und bildet beim Kochen (in Folge des Entweichens von Kohlensäure) einen Kalkniederschlag, welcher die Kochgefäße incrustirt; ist der Boden reich an Alkalien, oder mischen sich dem Wasser in ihm alkalische Zersetzungsproducte der Vegetabilien, wie z. B. Ammoniak, bei, oder verbindet sich dem Quellwasser das ammoniakhaltige Regenwasser, so hat es den sog. weichen Geschmack; stammt es aus einem kochsalzhaltigen Boden, so enthält es vorwiegend Kochsalz u. s. w. u. s. w. — Je nach der Verschiedenheit dieser unorganischen Bestandtheile muß das Wasser aber nothwendiger Weise auch einen verschiedenen Einfluß auf den Organismus ausüben, denn daß dieselben für den Ernährungsproceß nicht gleichgültig sind, daß sie unter Umständen sogar zum Aufbau des Körpers verwendet werden können, hat uns Boussingault durch eine seiner trefflichen Untersuchungen gelehrt. Boussingault fütterte junge Schweinchen mit Wasser und Kartoffeln, und fand, daß dieselben bei dieser Nahrung bei Weitem mehr phosphorsauren Kalk in ihren

Organismus aufnahmen, als in den Kartoffeln enthalten war. Es konnte aber dieser Kalk keine andere Quelle haben, als das Trinkwasser, und in der That ergab auch die Untersuchung, das daß Trinkwasser, welches den Thieren gereicht wurde, eine verhältnißmäßig große Menge von Kalk enthielt. — Der Gehalt unserer Trinkwässer an unorganischen Bestandtheilen ist allerdings im Allgemeinen sehr gering. Er beträgt durchschnittlich nicht über 2—4 Tausendtel. Allein die große Menge Wassers, welche wir tagtäglich in dieser oder jener Form genießen, mahnt uns dennoch, weder die Qualität, noch die Quantität derselben zu übersehen, und das eine eben angeführte Factum mag zum Beweise dienen, daß es nimmer einerlei sein kann, ob man sich ständig eines weichen, oder eines harten Trinkwassers bedient. Es ist auffallend genug, daß man den Verhältnissen der unorganischen Bestandtheile unserer Getränke, wie überhaupt, so namentlich auch bei den sog. Wasserkuren scheinbar nur eine sehr geringe Aufmerksamkeit zugewandt hat. Daß dieselben aber auch hier eine gewisse Rolle spielen, daß von ihnen der Erfolg der Cur, wenn auch nur zum kleinsten Theil, mit abhängig ist, ist nicht unwahrscheinlich. —

Das Studium der Wirkung des Wassers auf den Organismus läßt in dieser Beziehung noch Einiges zu wünschen übrig. In andrer Hinsicht ist dasselbe dagegen in neuerer Zeit um ein Bedeutendes gefördert, und die bei den Wassertrinkkuren gemachten Erfahrungen haben dazu vielleicht eine nicht unwesentliche Veranlassung gegeben. Durch die ausgezeichneten Arbeiten von C. Schmidt, Bidder u. A. ist es festgestellt, daß der reichliche Wassergenuß sowohl die Absonderung des Magensaftes, der Galle und der Verdauungssäfte überhaupt, als auch vorzugsweise die des Harns vermehrt. Aber durch die ausgedehnten und nicht minder trefflichen Arbeiten von Mosler, Genth und Böcker ist es auch erwiesen, daß das reichliche Wassertrinken die chemischen Metamorphosen des Körpermateriales beschleunigt, daß dasselbe insonderheit eine vermehrte Ausscheidung von Harnstoff, als des wichtigsten Endgliedes der Metamorphosenreihe der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile, herbeiführt, und dürfen wir aus den vorliegenden Untersuchungen schon einen allgemeinen Schluß ziehen, so läßt sich diese Beschleunigung des Stoffwechsels etwa dahin bestimmen, daß der Umsatz

der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile bei einem außergewöhnlichen Wassergenuß von etwa 4 Pfund in 24 Stunden, um etwa $\frac{1}{12}$ zunimmt. Es ist damit außer Frage gestellt, daß die Wirkung des reichlichen Wassertrinkens eine sehr bedeutungsvolle ist; es beruht auf diesen Verhältnissen, daß in gewissen Krankheitszuständen eine sog. Wasserkur die besten Dienste leisten kann. Vermeide man jedoch auch hier jede Voreiligkeit in generalisirenden Schlüssen! Wir besitzen noch wenig Kenntniß davon, in welcher Weise ein reichlicher Wassergenuß und die damit verbundene Wärmeentziehung auf verschiedene Zustände des Nervensystems einwirkt; es kann möglicherweise auf dieser Seite durch denselben eben so viel geschadet, als auf der andern genützt werden; und es bedarf noch einer langen Reihe sorgfältiger Beobachtungen, ehe auch nach dieser Seite hin das Urtheil festgestellt werden kann. Das möge den allzugroßen Wasserfreunden eine leise Mahnung zur Vorsicht sein!

Fast in gleich großer Menge aber, wie das Wasser, werden heutigen Tages in der gemäßigten Zone die Aufgüsse von Thee und Caffee getrunken. — Die Wirkung des Wassers als solchen, geht in ihnen beiden, wenn sie nicht etwa in sehr großen Quantitäten und sehr verdünnt genossen werden, fast gänzlich unter. Beide sind aber vermöge der eigenthümlichen Bestandtheile, welche sie aus dem Caffeebohnenmehl oder den Theeblättern aufnehmen, von sehr bedeutendem anderweitigen Einfluß auf den Organismus, und nur um so mehr, als ihr Gebrauch ein so allgemein verbreiteter ist, wollen wir auch dieses ihres Einflusses etwas ausführlicher gedenken.

Was den Caffee anbetrifft, so enthalten die ungebrannten Bohnen 10—13 Proc. Fett, eine den Gerbstoffen sie anreihende, an Kali und Kalk gebundene und in diesem Zustande leicht in Wasser lösliche, stickstofffreie Säure, die sog. Caffeesäure, und, als vorzugsweise wirksamen Bestandtheil, eine organische, stickstoffhaltige Basis von der Zusammensetzung: $C_{16} H_{10} N_4 O_5$, das sog. Caffeïn. Als unorganische Bestandtheile finden sich daneben kohlensaures und schwefelsaures Kali, Chlorkalium, phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk, Bittererde, Eisen- und Manganoxyd, in einer Gesammtmenge von 3,19 — 5 Proc. *)

*) Vgl. Liebig's chemische Briefe S. 611.

Durch das Rösten des Caffee's bildet sich nun, wahrscheinlich aus der Caffeesäure, ein brenzliches Arom, und indem dieses sowohl, wie das Caffeïn etwa zur Hälfte ihrer Gesammtmenge in das heiße Wasser übergehen, mit welchem man die gerösteten und zermahlenen Bohnen extrahirt, sind es auch vorzugsweise diese beiden Bestandtheile, welchen die eigenthümlichen Wirkungen des Caffeeaufgusses zugeschrieben werden müssen. *) Es ist diese Wirkung aber eine doppelte. Einmal besteht sie in einer Erregung des Nervensystems, und dieser Effekt gehört ohne Frage dem Caffeïn zu. Andrerseits giebt sie sich aber auch in einer Verlangsamung des Stoffwechsels kund, und, wie es scheint, geht diese Wirkung vorzugsweise von dem brenzlichen Arom aus. Die erstere anregende Wirkung ist jedem Caffeetrinker bekannt. Es giebt Leute, die des Morgens erst dann sich arbeitsfähig fühlen, wenn sie ihren Caffee genossen haben; von manchen Gelehrten ist es bekannt, daß sie sich Nächte lang durch Caffeegenuß wach und in einem erwünschten Erregungszustande erhalten; das Caffeïn allein, als Arzneimittel dargereicht, äußert diese Wirkung in hohem Grade. Die entgegengesetzte, den Stoffwechsel retardirende Wirkung ist aber nicht minder constatirt, wenn auch erst neuerdings durch die Versuche von Böcker und J. Lehmann bekannt geworden. Sie läßt sich, um es allgemein-verständlich auszudrücken, etwa dahin bestimmen, daß Jemand, der im gewöhnlichen Leben und ohne Caffeegenuß zur gesunden Existenz 1½ Pfd. stickstoffreicher Nahrungsmittel bedarf, beim Caffeegenuß etwa nur 1 Pfund dieser Nahrungsmittel erfordert, ohne daß damit seine Leistungsfähigkeit herabgesetzt würde. Und nicht nur auf die stickstoffhaltigen Körperbestandtheile erstreckt sich diese Wirkung des Caffee's, nach Böcker's Untersuchungen vermindert sein Genuß auch die Exhalation der Kohlensäure, d. h. mit andern Worten, er retardirt auch die Meta-

---

*) Von einem Loth (240 Gran) der gerösteten und gemahlenen Bohnen werden durch Wasseraufguß etwa 3—4 Gran Caffeïn gewonnen. Die Menge des Extractes überhaupt wechselt übrigens nach Payen's Untersuchung je nach der stärkern oder schwächern Röstung. Bei schwachrother Färbung der zermahlenen Bohnen erhält man etwa 25 Proc., bei kastanienbrauner Farbe 19 Proc., bei dunkelbrauner Farbe 16 Proc. Extract. —

morphose der stickstofffreien Nahrungs- und Körperbestandtheile. — So wird denn in der That der Caffeegenuß zu einem Ersparungsmittel, und sein reichlicher Gebrauch unter den ärmeren Classen des Volkes findet sonder Frage darin seine Erklärung. — Wenn aber der Caffee auch ein Lieblingsgetränk des Wohlhabenden bildet, wenn er auch da genossen wird, wo es an reichlichen und nahrhaften Mahlzeiten nicht fehlt, so darf man auch der schädlichen Folgen nicht uneingedenk sein, die sein Genuß, und zwar eben in Folge der den Stoffwechsel retardirenden Einwirkung, herbeiführen muß. Die Beschränkung der hier nothwendigen Kohlensäureexhalation durch Haut und Lungen führt zunächst zu einer Kohlensäureanhäufung im Blute, diese setzt die Leistungsfähigkeit des Nervensystems herab, und daß sich in weiterer Folge davon Blutüberfüllungen der Leber und damit zusammenhängende Leiden, daß sich daraus selbst bleichsüchtige Zustände, in Folge der gestörten Blutkörperchenbildung in der Leber, entwickeln können, unterliegt kaum einem Zweifel. — Und machen wir endlich noch auf einen weit verbreiteten Irrthum aufmerksam! Man ist gemeiniglich der Ansicht, daß der Caffee die Verdauung der Nahrungsmittel befördere, und giebt mit dieser Ansicht dem Caffeegenuß nach guter Mahlzeit gern noch eine theoretische Begründung. Allein in Wahrheit verhält es sich gerade umgekehrt. Wir trinken den Caffee namentlich nach reichlichen Mahlzeiten gern, weil er nicht nur den Stoffumsatz im Allgemeinen verlangsamt, sondern namentlich auch vermöge seiner empyreumatischen Substanzen diejenigen Verdauungsvorgänge im Magen beeinträchtigt, welche durch die Fermentstoffe des Magensaftes eingeleitet werden. Damit aber werden die lästigen Verdauungsbeschwerden vermindert, welche unter andern Umständen der reichlichen Mahlzeit zu folgen pflegen, und nur in dieser Beziehung erweist der Caffee seinen Freunden *scheinbar* eine Wohlthat.

Mit dem *Theeaufguß* verhält es sich ähnlich und doch auch wieder ganz anders, als mit dem des Caffees. Es enthalten die Theeblätter ein flüchtiges, citronengelbes, stark nach Thee riechendes und schmeckendes Oel (½—1 Proc.), Gerbsäure, und das dem Caffeïn identische Theïn, eine organische Basis, die in den Blättern wahrscheinlich mit der Gerbsäure zu einem Salze verbunden ist. *Peligot*

berechnete das Theïn zu 6 Proc. Neben diesen organischen Bestandtheilen finden sich aber auch hier wieder eine Reihe unorganischer Verbindungen (ca. 3 Proc.), und es ist sehr bemerkenswerth, daß unter diesen das Eisen eine sehr wesentliche Rolle spielt. Wird nun der Thee mit heißem Wasser ausgezogen, so gehen etwa 15—30 Proc. der eben erwähnten Bestandtheile in das Wasser über, und über die Wirkung eines solchen Aufgusses ist durch Erfahrung und physiologisches Experiment etwa Folgendes festgestellt. Zunächst übt der Thee, ähnlich dem Caffee, eine anregende Wirkung auf das Nervensystem aus, und es ist in dieser Beziehung überaus interessant, zu erfahren, daß das Theïn nicht nur mit dem Caffeïn, sondern auch die größte Aehnlichkeit hat mit dem Kreatinin, welches wir als Bestandtheil des Fleischsaftes kennen lernten und dem eine gute Bouillon vorzugsweise die anregende Wirkung verdankt, welche dieselbe bekanntlich ebenfalls auf das Nervensystem ausübt.*) Eine zweite Wirkung geht aber auch hier wieder der ersten zur Seite. Denn nicht, daß die Anregung des Nervensystems in Folge des Theegenusses beschleunigend einwirkte auf die Vorgänge des Stoffwechsels, es zeigt sich vielmehr auch hier die Metamorphose der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile verlangsamt. Es ist diese Retardation jedoch bedeutend geringer als beim Caffeegenuß, und bestätigen sich die ersten Versuche von Böcker, so differirt die Theewirkung namentlich darin von der den Caffees, daß sie die Exhalation der Kohlensäure durchaus nicht beeinträchtigt. — Die Wirkung des Thees darf darnach im Allgemeinen als bedeutend weniger leicht nachtheilig bezeichnet werden, als die des Caffees. Durch seinen reichlichen Eisengehalt kann der Thee unter Umständen selbst sehr wohlthätige Wirkungen ausüben, und wenn Liebig in dieser Beziehung in seinen „chemischen Briefen“ sagt: „Wir genießen in dem Thee ein Getränk, welches den wirkenden Bestandtheil der wirksamsten Mineralquellen enthält, und so gering auch die Menge Eisen sein mag, welche man täglich darin zu sich nimmt, auf die vitalen Vorgänge kann dieselbe nicht ohne Einfluß sein,“ so glauben wir hinzufügen zu können, daß die Erfahrung

*) Die Zusammensetzung des Theïns wird mit: $C_8 N_2 H_5 O_2$ bezeichnet; die des Kreatinins mit: $C_8 N_3 H_7 O_2$.

bereits die Bestätigung dieses Satzes geliefert hat. Ein Vertauschen des Caffeegenusses mit dem des Theegenusses ist oft von den wohlthätigsten Folgen begleitet, und, wie es scheint, ist bei diesem Effekte die Wirkung des Eisens im Spiele. Gegenüber nun aber diesen physiologischen Wirkungen des Caffees und Thees, gegenüber ferner der Thatsache, daß in Europa und Amerika jährlich 80 Millionen Pfund Thee und im Zollverein allein jährlich 60 Millionen Pfund Caffee verbraucht werden, gegenüber endlich der allgemeinen Gebräuchlichkeit und Beliebtheit dieser Getränke, so wie der allseitigen Anerkennung ihrer Wirkungen, läßt es sich wohl kaum in Abrede stellen, daß Liebig sehr Recht hat, wenn er gegen die Annahme streitet, der Caffee- und Theegenuß seien nur Sache der bloßen Angewöhnung. Wir dürfen es mit ihm vielmehr als sehr wahrscheinlich, wenn nicht gewiß ansehen, „daß der Instinkt des Menschen, in dem Gefühle gewisser Lücken oder gewisser Bedürfnisse des gesteigerten Lebens in unserer Zeit, welche durch Quantität nicht befriedigt werden können, eben in diesen Erzeugnissen des Pflanzenlebens das wahre Mittel aufgefunden hat, um seiner täglichen Nahrung die erforderliche und vermißte Beschaffenheit zu geben.“

Schließlich wollen wir noch der gegohrenen, alkoholartigen Getränke erwähnen: des Branntweins, des Biers und des Weins. Sie alle üben vermöge ihres Alkohol-Gehaltes gewisse wesentliche Wirkungen auf den Organismus aus. Doch es gestalten sich diese Wirkungen je nach den übrigen Bestandtheilen eines jeden der genannten Getränke äußerst verschieden.

Der gewöhnliche Kornbranntwein enthält 35—50 Proc. Alkohol. Seine Wirkung auf den Organismus hat in mancher Beziehung große Aehnlichkeit mit derjenigen des Caffees. Es ist bekannt, daß er in mäßiger Quantität genossen, wie dieser, das Nervensystem excitirt. Andrerseits aber wirkt er auch wieder verlangsamend auf den Stoffwechsel ein, und zwar nicht nur auf die Metamorphosen der stickstoffhaltigen, sondern auch auf die der stickstofffreien Nahrungsbestandtheile. Sowohl die Ausscheidung des Harnstoffs, als die der Kohlensäure zeigt sich nach seinem Genuß vermindert. Es kann der Branntwein darnach in der That, ähnlich dem Caffee, als ein Ersparungsmittel

für die ärmern Classen des Volkes betrachtet werden, und sein Genuß ist, wie Liebig so wahr sagt,*) nicht die Ursache, sondern eine Folge der Noth. — Allein wenn sich bei dem Caffee diese Wirkung ohne nachtheilige Folgen entfaltet, so ist es anders beim Branntwein. Die traurigen Wirkungen seines zu reichlichen Genusses sind nur zu bekannt, und bestehen dieselben einmal in einer Erkrankung der Verdauungswerkzeuge, die sich in Folge des auf die Schleimhaut derselben ausgeübten ständigen Reizes entwickelt, so ist eine Zerrüttung des Nervensystems die zweite, noch betrübendere Folge. Geistesstörungen und Erscheinungen, wie sie den Zustand des sog. Säuferwahnsinns begleiten, sind die leider! nur zu oft beobachteten endlichen Erfolge eines anhaltenden reichlichen Branntweingenusses, und wir können nicht umhin, zu schließen, daß es die früher erwähnten Zersetzungsprodukte des Alkohols im Organismus sind, welche diese Erfolge durch eine directe, materielle Veränderung der Nervensubstanz herbeiführen.**)

Auch das Bier enthält Alkohol; es ist aber verhältnißmäßig sehr viel ärmer daran, als Branntwein und Wein. Nach Siemer's Angabe enthalten: Burton Ale ca. 8 Proc., Edinburgh Ale 6 Proc., Brown Stout 6 1/2 Proc., London Porter 5 1/2 Proc., Münchener Bockbier 4 Proc., gewöhnliches baierisches Lagerbier 3 Proc., Berliner Weißbier 2—3 1/2 Proc. und noch leichtere Sorten nur 0,75—1,25 Proc. Außerdem enthält aber das Bier 4—8 Proc. Malzextract (Stärkegummi mit einer geringen Menge von Kleber), das ätherische Oel und andre Bestandtheile des Hopfens, freie Kohlensäure und verschiedene unorganische Bestandtheile, welche je nach dem Getränke und dem zur Bierbereitung angewandten Wasser nicht unbedeutend differiren. — Wird nun das Bier in größern Mengen genossen, so kommt die große Menge des in ihm enthaltenen Wassers sonder Frage zur Wirkung. Der Stoffwechsel erfährt durch dasselbe eine Beschleunigung. Allein es wird dieser Effekt auf der andern Seite durch den Alkoholgehalt paralysirt, und so mag es sich erklären, daß Böcker als Gesammtwirkung des Biergenusses dennoch eine Retardation der Stoffmetamor-

---

*) Chemische Briefe, S. 605.
**) Vgl. S. 318.

phose constatirte. Die das Nervensystem erregende Wirkung des Alkohols bleibt auch hier nicht aus. Wird aber die Wirkung des Wassergehaltes des Biers durch seinen Alkoholgehalt herabgesetzt, so wird die Wirkung des Alkoholgenusses durch die gleichzeitige Wasserwirkung beeinträchtigt, und die bedeutend weniger schädlichen Folgen eines selbst reichlichen Biergenusses erscheinen in dieser Weise erklärlich. Man darf sich in dieser Beziehung vorstellen, daß der reichliche Wassergehalt des Bieres eine rasche Ausscheidung der Umsatzprodukte des Alkohols in dieser oder jener Form bedingt, und daß in dieser Weise die deletäre Einwirkung derselben auf das Nervensystem fern gehalten wird. Vermöge seines Gehaltes an Gummi, Kleber und gewissen unorganischen Bestandtheilen erhält das Bier aber endlich auch eine direct nährende Eigenschaft, und zusammengehalten mit der eben bezeichneten, den Stoffwechsel retardirenden Wirkung erklärt sie uns vielleicht die oftmalige Erscheinung der reichlichen Fettbildung der Biertrinker. —

Wir erwähnten endlich des W e i n e s. Die verschiedenen Weinsorten enthalten sehr verschiedene Mengen von Alkohol. Nach S i e m e r's Angabe beträgt derselbe in den Rhein-, Mosel- und leichten österreichischen Weinen 6—12 Proc.; in den spanischen, ungarischen und portugiesischen 15—23 Proc.; und in den französischen 12—15 Proc. Vermöge dieses Alkoholgehaltes übt der Wein ohne Frage eine ähnliche Wirkung auf den Organismus aus, wie der Branntwein. Er excitirt das Nervensystem, verlangsamt aber auch den Stoffwechsel und ist, in größern Quantitäten genossen, von denselben schädlichen Folgen begleitet, wie der letztere. Allein der Wein enthält neben dem Alkohol noch mehre andre Substanzen, und sind unter diesen insonderheit die sog. pflanzensauren Salze (weinsaures Kali, weinsaurer Kalk u. s. w.) ausgezeichnet, so ist es scheinbar auch die Wirkung eben dieser Salze, welche diejenige des Alkohols zum großen Theile wieder neutralisirt. Die den Stoffwechsel retardirende, wie das Nervensystem schädlich afficirende Wirkung des Alkohols geht in dieser Weise zum großen Theil verloren, und, mäßig genossen, übt der Wein so jene anregende und erquickende Wirkung auf das Nervensystem aus, welche uns ihn bald als Arzneimittel, bald als Genußmittel, bald als wahres Lebenselixir, als die „Milch der Greise" preisen läßt. Die reichliche

Mahlzeit muß das volle Glas Wein begleiten, denn die excitirende Wirkung, die derselbe auf das Nervensystem ausübt, ist ein treffliches Beförderungsmittel für die Metamorphosen, welche die eingeführten Nahrungsmittel nothwendiger Weise durchlaufen müssen. Und unschätzbar sind seine Dienste da, wo die gesunkene Lebensenergie der Aufhülfe bedarf. „Als Mittel der Erquickung," sagt Liebig so treffend, „wo die Lebenskräfte erschöpft sind, der Befeuerung und Steigerung, wo traurige Tage zu beringen sind, der Correction und Ausgleichung, wo Mißverhältnisse der Ernährung und Störungen im Organismus eingetreten sind, und als Schutz gegen vorübergehende Störungen durch die unorganische Natur wird der Wein von keinem Erzeugniß der Natur oder Kunst übertroffen." —

So wirken also auch die verschiedenen Getränke, deren wir uns bedienen, in der verschiedensten Weise auf den Organismus ein, und wie sehr auch sie bei Bestimmung oder Beurtheilung einer Diät sorgfältige Berücksichtigung erfordern, ist darnach von selbst klar. — Doch es liegt uns noch eine andre gewichtige Frage vor. Wir haben bis dahin nur die Wirkung der einzelnen Nahrungsmittel und die in qualitativer Hinsicht zu berücksichtigenden Verhältnisse in Betracht gezogen. Wie aber steht es um die der Gesundheit zuträgliche Quantität derselben? Was lehrt in dieser Beziehung die Physiologie? —

Die Frage läßt in der That keine allgemein gültige Antwort zu. Je nach Alter, Geschlecht, Beschäftigung, Individualität, Klima u. s. w. sind die erforderlichen Quantitäten von Nahrungsmitteln so sehr verschieden, daß sich ein bestimmtes Maaß nicht geben läßt. Doch der Mangel dieser Bestimmung wird im praktischen Leben und im Zustande der Gesundheit weniger fühlbar, als es auf den ersten Blick scheint. Wir erwähnten es bereits früher, daß die Natur das Nervensystem zum Wächter über die aufzunehmende Menge von Nahrungsmitteln bestimmt hat, *) und ist der Organismus gesund, so übt auch das Nervensystem diesen seinen Dienst mit solcher Zuverlässigkeit aus, daß man keinen Fehler begehen wird, wenn man seinen Winken jeder Zeit folgt. — Wie aber dann, wenn der Zustand der Gesundheit nicht vorhanden?

---

*) Vgl. S. 241.

Wenn das wirkliche Nahrungsbedürfniß ebensowohl alterirt ist, wie das Empfindungsvermögen des Nervensystems, und also auch Hunger oder Sättigung nicht in normaler Weise percipirt werden? Dem Laien fällt in diesem Falle das Urtheil oft nicht schwerer, als dem Physiologen, denn wir besitzen bis dahin leider noch kaum ein auch nur ungefähres, mittleres Maaß der für einen gesunden, arbeitenden Menschen erforderlichen Nahrungsmenge. Scheinen will es jedoch nach Chossat's, Bidder und Schmidt's, Lehmann's und des Verfassers eigenen in dieser Beziehung angestellten Untersuchungen, daß der gesunde, erwachsene, arbeitende Mann in 24 Stunden in summa etwa $1/_{25}$ seines Körpergewichts an Nahrungsmitteln bedarf, und die Berechnung, daß von diesem Quantum $3/_{10}$ auf stickstoffreiche Nahrungsmittel, $3/_{10}$ auf stickstoffarme, $4/_{10}$ aber auf die Getränke fallen, liegt vielleicht nicht weit von der Wahrheit entfernt. Betrüge also z. B. das Körpergewicht eines Mannes 125 Pfund, so würde er täglich 5 Pfund Nahrungsmittel und Getränke bedürfen. Von diesen würden aber $1\,1/_2$ Pfd. aus stickstoffreicher Kost, als zubereitetem Fleisch, Brod, Eiern, Käse, Hülsenfrüchten u. s. w., $1\,1/_2$ Pfund aus stickstoffarmer und stickstofffreier Kost, als Kartoffeln, Reis, Gemüsen u. s. w., nebst Butter, Zucker, Stärkmehl u. s. w., und 2 Pfund endlich aus Getränken, unter denen Caffee und Thee eingeschlossen sind, bestehen müssen. Die annähernd maaßgebende Feststellung dieser Verhältnisse für die verschiedeuen Geschlechter, verschiedenes Alter u. s. w. ist ein nothwendiges Desiderat für die Diätetik, und um so mehr nur, als sich ihrem Gewinne keine Schwierigkeiten entgegenstellen, ist es zu hoffen, daß sie alsbald durch sorgfältige und ausgedehnte Studien an gesunden Individuen, nicht aber auf theoretischem Wege, erreicht wird. —

Damit wollen wir die Skizze beenden, welche wir uns oben zur Aufgabe stellten. Mag sie einen Beweis liefern, wie tief die physiologische Forschung in das praktische Leben hineingreift, denn daß all die besprochenen Verhältnisse ohne physiologische Kenntniß weder verstanden, noch richtig ermittelt werden können, ist einleuchtend. Es reden die Laien so viel und so oft von Diät. Haben sie aber auch immer überlegt und Kenntniß davon, welch' inhaltsschwere Lehre die Diätetik

ist?! — Die flüchtigen und wenigen voranstehenden Bemerkungen haben es vielleicht klar gemacht, daß es sich hier um mehr, als ein Zuviel oder Zuwenig handelt, und in der That, die Aufgabe, eine Diät für irgend ein Individuum festzustellen, kann oftmals eine der schwierigsten und doch wichtigsten sein, welche dem Arzte oder dem Physiologen zufallen. — Wenn es aber wahr ist, — und wir wiederholen es auch hier —, daß ein richtiges diätetisches Verhalten die Grundlage alles menschlichen Gedeihens bildet, so ist auch der Wunsch nur zu gerechtfertigt, daß sich richtige und feststehende diätetische Principien weiter und weiter verbreiten; und ist eine solche Verbreitung sonder Frage vorzugsweiser Beruf der praktischen Aerzte, so muß auch ihnen insonderheit eine genaue Kenntniß und ein emsiger, sorgfältiger Ausbau der einschlägigen Thatsachen am Herzen liegen. Und bieten sich ihnen nicht zugleich in der richtigen Handhabung und Verwendung jener Kenntnisse die mächtigsten Waffen dar gegen viele Krankheitszustände? Kann es heutigen Tages noch zweifelhaft sein, daß eine rationelle Diätetik die Grundlage einer wissenschaftlichen Heillehre bildet? — Mit einer Veränderung des relativen Mengenverhältnisses der stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nahrungsbestandtheile, mit einer Modification in der Auswahl der vegetabilischen und animalischen Nahrungsmittel und einer damit veränderten Zufuhr unorganischer sowohl, als organischer Nahrungsbestandtheile, wird allemal auch wesentlich modificirend in den Ernährungsproceß eingegriffen, und bieten sich dem Arzte zu seinem jedesmaligen Zwecke keine geeigneten natürlichen Nahrungsmittel dar, kann er mit Hülfe der gewöhnlichen Kochkunst seine Zwecke nicht erreichen, so bleibt ihm das unschätzbare Mittel künstlicher Modificationen der Diät übrig, ein Mittel, dessen Werth bis dahin nur noch selten richtig erkannt wird. — Es gehört hierher schon die durch Liebig eingeführte, durch besondere Behandlung des Fleisches zu gewinnende und allen Ansprüchen einer kräftigen Ernährung entsprechende Bouillon; es gehört hierher jener ebenfalls von Liebig gemachte Vorschlag, dem gewöhnlichen Roggenbrod durch Bereitung desselben mit einem Theil Kalkwasser einen erhöhten Nahrungswerth, und insonderheit einen erhöhten Gehalt an phosphorsauren Kalk zu verleihen. Meistens gestalten sich jedoch die Aufgaben weit schwieriger. Gesetzt

nur z. B., man wollte einem Kranken stickstoffhaltige und stickstofffreie Nahrungsbestandtheile in der Proportion von 1 : 8, dabei aber die unorganischen Bestandtheile der animalischen Nahrung reichen, in welcher Weise würde diese Aufgabe erfüllt werden können? Der ersten Anforderung würden die Kartoffeln entsprechen, hinsichtlich der zweiten würde mit ihnen aber ein bedeutendes Deficit an Eisen und phosphorsauren Salzen entstehen. Die Milch wieder würde die zweite Aufgabe erfüllen, aber stickstoffhaltige und stickstofffreie Nahrungsbestandtheile sind in ihr in der Proportion von 1 : 3—4 enthalten. Wie also ist da zu helfen? — Nur künstlich, nur dadurch, daß entweder der Milch ein Theil ihres stickstoffhaltigen Käsestoffs entzogen und dem Kranken eine trübe Molke gereicht wird, oder dadurch, daß neben der Kartoffelnahrung — abgesehen hier von den Beziehungen der Nahrungsmittel zu den Verdauungsorganen — ein Gebrauch von Eisen, phosphorsauren Salzen und vielleicht Mineralsäuren (zur Aufhebung der Wirkung der in den Kartoffeln enthaltenen pflanzensauren Salze) einherginge. Derartige Beispiele ließen sich viele anführen, und die praktische Prüfung der Erfolge solcher künstlichen Modificationen kann nicht dringend genug empfohlen werden. — Schon längst wendet man eine Menge von Stoffen als Arzneimittel an, welche wir als integrirende Bestandtheile unserer Nahrungsmittel kennen. So das Eisen, die pflanzensauren Salze, das phosphorsaure Natron, den phosphorsauren Kalk u. s. w. Führen wir mit ihnen aber in der That etwas andres herbei, als eine Modification der Diät der eben bezeichneten Art? — Mit der Erkenntniß dieser Wahrheit gewinnt die Anwendung vieler Arzneimittel eine Vertrauen erweckende Rationalität, und mit ihr schwindet der heimliche Zauber, den für Manche das Arzneimittel noch besitzt. —

Ohne Physiologie keine Diätetik; ohne wissenschaftliche Diätetik keine Gesundheitspflege, keine Heillehre. — Sollen wir zum Schluß noch weiter der innigen Beziehungen gedenken, welche zwischen der Physiologie und der Heilkunde obwalten? Sollen wir noch ausführlicher darlegen, daß nur die Physiologie der Boden ist, auf dem eine wissenschaftliche und allen Zeiten Stand haltende Heilwissenschaft erstehen kann?

Die Aufgabe ist zu groß und zu ernst, als daß wir sie mit kurzen Worten behandeln möchten. Verschieben wir sie auf eine andere Zeit. — Wenn aber das landschaftliche Bild, von dem wir bei Betrachtung der uns gegenwärtig umgebenden Natur den Ausgang nahmen, den Eindruck der Ruhe und des ungestörten Einklanges in uns erzeugte, wenn wir wissen, daß diese Ruhe und dieser Einklang im Pflanzen- wie im Thierreich abhängig sind von gewissen Bedingungen und daß sie nur dann vorhanden sein können, wenn sich diese Bedingungen sämmtlich in bestimmter, gesetzmäßiger Weise verhalten, so fügen wir jetzt hinzu, daß diese Bedingungen auch größerer und geringerer Alterationen fähig sind, und es ist damit zunächst nicht nur überhaupt die Möglichkeit einer Störung jener Ruhe und jenes Einklanges gegeben, es führt uns die richtige Auffassung dieser Verhältnisse auch unmittelbar zu der allein richtigen Anschauung hin, daß das kranke Leben nur ein unter abnormen Bedingungen ablaufendes Leben darstellt, daß die Krankheit kein Wesen besonderer Natur, kein Dämon ist, der den Organismus befällt, und daß wir also auch nicht sowohl von Krankheiten, als vielmehr nur von kranken Individuen zu reden haben. — Und wenn wir ferner den ungestörten Lebensproceß gewisse Erscheinungen, deren Darstellung die Aufgabe der Physiologie ist, darbieten sehen, wenn wir wissen, daß der kranke Lebensproceß ebenfalls gewisse aber andre Erscheinungen darbietet, als jener, so nöthigt uns die Kenntniß dieses Verhältnisses zu der Einsicht, daß nur ein sorgfältiger Vergleich der irgend und irgendwie bestimmbaren Lebenserscheinungen des gesunden und kranken Organismus zur richtigen Erkenntniß des innern Wesens der verschiedenartigen Störungen des Lebensprocesses führen kann, während die Ursache derselben lediglich und allein in irgend einer Alteration der normalen Lebensbedingungen gesucht werden muß. — Und wenn es dann endlich oftmals in unserer Macht steht, die irgendwie alterirten Lebensbedingungen zur Norm zurückzuführen, wenn es nicht fraglich ist, daß uns Mittel zu Gebote stehen, durch welche wir, tiefeingreifend in die Lebensvorgänge, manche der bereits stabilirten Störungen des Lebensprocesses zu entfernen ververmögen, so gelangen wir zu der Ueberzeugung, daß es ein ärztliches Wirken, daß es eine wahre Heilwissenschaft giebt, und daß die Auf-

gabe und Kunst des Arztes nicht nur in einer dem Streben nach nützlichen Thun ungenügenden Erkenntniß der Krankheiten, nicht nur in einem müssigen Beschauen derselben, sondern vielmehr in der tiefen und gründlichen Erforschung der Wirkung der ihm zu Gebote stehenden Heilmittel und in einer Verwendung derselben besteht, die, wissenschaftlich begründet, kräftig und haltgebietend eingreift in die verschiedenen Störungen, denen der Lebensproceß zugängig ist. —

Wir leben in einer Zeit, wo die Physiologie noch viele offene Fragen darbietet, wo trotz hundertjähriger Erfahrung und Beobachtung dem ärztlichen Wirken der feste Halt fehlt, den allein die strenge Wissenschaft darbietet. Es soll dieses Bekenntniß dem Laien nicht vorenthalten werden, denn nur die Wahrheit erweckt Vertrauen, und nur sie wird es verhüten können, daß der Charlatanismus weitere und weitere Gränzen erreicht. Aber die strenge Forschung hat uns gelehrt, auf welchem Wege ein sicheres Ziel zu erreichen ist; die Fortschritte andrer Wissenschaften und Künste haben uns in den Besitz vieler Mittel gebracht, durch welche das Ziel rascher zu erreichen sein wird, als es vor wenigen Jahren noch schien; und so gewiß wird und muß auf diesem Wege durch die gemeinsame Thätigkeit der Physiologen und Aerzte, durch eine geordnete Theilung der Arbeit das endliche Ziel einer wissenschaftlichen Heilkunde gewonnen werden, als es unumstößliche Gewißheit ist, daß auf keinem Gebiete der Natur und der Naturforschung das Wunder regiert, sondern das ewig wahre und feststehende Naturgesetz, ein Gesetz, welches sich nicht nur ergründen läßt, sondern, richtig ergründet, auch allen praktischen Bestrebungen ihre bestimmten Wege vorzeichnet!

---

gabe und Kunst des Arztes nicht nur in einer dem Streben nach nützlichem Thun ungenügenden Erkenntniß der Krankheiten, nicht nur in einem müßigen Beschauen derselben, sondern vielmehr in der tiefen und gründlichen Erforschung der Wirkung der ihm zu Gebote stehenden Heilmittel und in einer Verwendung derselben besteht, die, wissenschaftlich begründet, kräftig und haltgebietend eingreift in die verschiedenen Störungen, denen der Lebensproceß zugängig ist.

Wir leben in einer Zeit, wo die Physiologie noch viele offene Fragen darbietet, wo trotz hundertjähriger Erfahrung und Beobachtung dem ärztlichen Wirken der feste Halt fehlt, den allein die strenge Wissenschaft darbietet. Es soll dieses Bekenntniß dem Laien nicht vorenthalten werden, denn nur die Wahrheit erweckt Vertrauen, und nur sie wird es verhüten können, daß der Charlatanismus weitere und weitere Grenzen erreicht. Aber die strenge Forschung hat uns gelehrt, auf welchem Wege ein sicheres Ziel zu erreichen ist; die Fortschritte anderer Wissenschaften und Künste haben uns in den Besitz vieler Mittel gebracht, durch welche das Ziel rascher zu erreichen sein wird, als es vor wenigen Jahren noch schien; und so gewiß wird und muß auf diesem Wege durch die gemeinsame Thätigkeit der Physiologen und Aerzte, durch eine geordnete Theilung der Arbeit das endliche Ziel einer wissenschaftlichen Heilkunde gewonnen werden, als es unumstößliche Gewißheit ist, daß auf keinem Gebiete der Natur und der Naturforschung das Wunder regiert, sondern das ewig wahre und feststehende Naturgesetz, ein Gesetz, welches sich nicht nur ergründen läßt, sondern, richtig ergründet, auch allen praktischen Bestrebungen ihre bestimmten Wege vorzeichnet!

Inhaltsübersicht

des ersten und zweiten Bandes.

Erster Band.

Sechster Vortrag: Der Kreislauf des Stoffes. 203—229

Siebenter Vortrag: Der innere Bau der Pflanze. 233—260

Zweiter Band.

*

Der innere Bau und das Leben des Thieres.

1. Bau und Verrichtungen der Apparate des animalen Lebens.

2. Bau und Verrichtungen der Apparate des vegetativen Lebens.

Zwölfter Vortrag: Der Bau und die Verrichtungen der Verdauungsapparate.

Berichtigungen.

In Band I. sind nachträglich folgende Berichtigungen aufzunehmen:

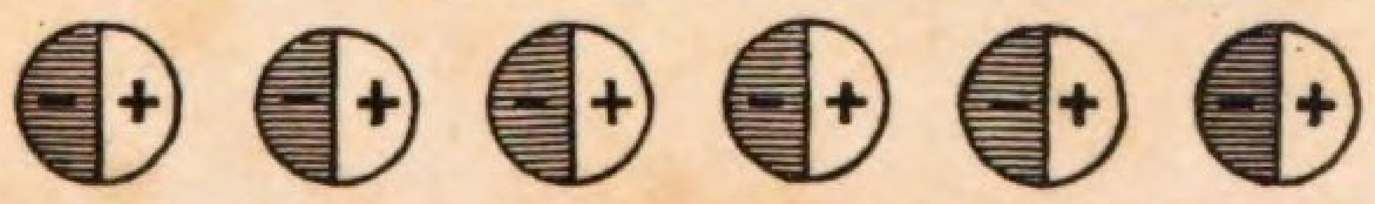
S. 56 Z. 15 v. unten lies statt 1739 : 1719.
„ 62 „ 15 „ oben „ „ 1738³/₅ : 1718³/₅.
„ 301 „ 9 „ unten „ „ allverbreitende : allverbreitete.

Band II.

S. 18 Z. 11 v. unten ist nach den Worten „ihm abzulösen“ einzuschalten: oder auch stets mit ihm verbunden zu bleiben.
S. 29 Z. 2 v. oben lies statt die keinen sind leiner : die einen sind kleiner.
S. 40 Z. 6 v. unten lies statt Bauchspeicheldrüsen : Bauchspeicheldrüse.
„ 59 „ 10 „ „ „ „ befriedigendem : befriedigenden.
„ 64 Anmerkung *) „ „ Fasern : Faser.
„ 71 Z. 8 v. unten „ „ Körperabschnitt : Körperabschnitte.
„ 78 „ 3 „ „ „ „ Beispiele : Beispiel.
„ 79 sind Z. 12 v. o. hinter „scheinen“ das Wort „es,“ und Z. 13 hinter „Darstellung“ die Worte „zu sein“ einzuschalten.
„ 85 Z. 9 v. oben lies statt allgemeine : allgemein.
„ 93 „ 4 „ unten „ „ sind : werden.

Auf dieser Seite ist durch ein Versehen die nachstehende Figur 139 b. fortgelassen:

Fig. 139 b.



Die Note in Z. 5 v. unten: (s. Fig. 139 b. a f. S.) bezieht sich auf diese Figur, und die Figur auf S. 94 muß bezeichnet werden als Fig. 139 c. —

S. 111 Z. 14 v. o. lies statt da : daß.
„ 127 „ 3 „ „ „ „ Abschnitt : Abschnitte.
„ 141 „ 3 „ „ ist hinter „Linse“ ein Komma zu setzen.
„ 150 „ 15 „ u. lies statt wir haben : haben wir.
„ 265 „ 16 „ o. „ „ dem Namen : den Namen.
„ 282 „ 2 „ u. „ „ einzelne : einzelnen.
„ 290 „ 16 „ „ „ „ Entwicklung : Erdentwicklung.
„ 311 „ 15 „ o. ist hinter „Kreatinin“ einzuschalten: „Harnsäure.“
„ 403 „ 16 „ u. lies statt alkoholartigen : alkoholhaltigen.

Druck von M. Bruhn in Braunschweig.

Beneke, Friedr. W.

Physiologische Vorträge

Bd.: 2

Oldenburg 1856